

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-026004

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

(51)Int.Cl. H01M 8/04

(21)Application number : 09-176656

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 02.07.1997

(72)Inventor : NAKAGAKI TAKAO

OGAWA HAKARU

HORI MICHIO

SASAKI MASAKUNI

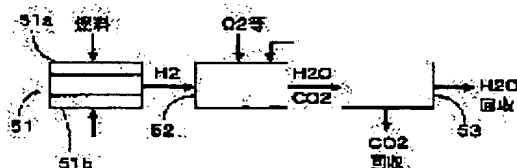
FUKUDA MASAFUMI

(54) POWER GENERATING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a power generating plant which efficiently and economically collect a large quantity of carbon dioxide exhausted from a thermal power plant, fuel cell generating plant, etc., without requiring special separating processings.

SOLUTION: A fuel cell 51 is supplied with a fuel and oxygen, where chemical reactions take place at a specified temp. to make power generation, and the gas exhausted from the fuel cell 51 is fed to a combustor 52. The combustor 52 is supplied with a fluid which contains chiefly a compound consisting of oxygen or carbon atoms or oxygen atoms or hydrogen atoms, and this is mixed with a fluid containing the gas exhausted from the fuel cell 51, and the mixture is combusted. The fluid exhausted from the combustor 52 is fed to a separator 53, where the carbon dioxide is separated from water vapor and collected. Such a configuration permits efficient and economical collecting of only carbon dioxide, without requiring special separation devices.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-26004

(43)公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 M 8/04

識別記号

F I

H 0 1 M 8/04

Z

J

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 29 頁)

(21)出願番号 特願平9-176656

(22)出願日 平成9年(1997) 7月2日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 中垣 隆雄

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 小川 斗

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 堀 美知郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 弁理士 外川 英明

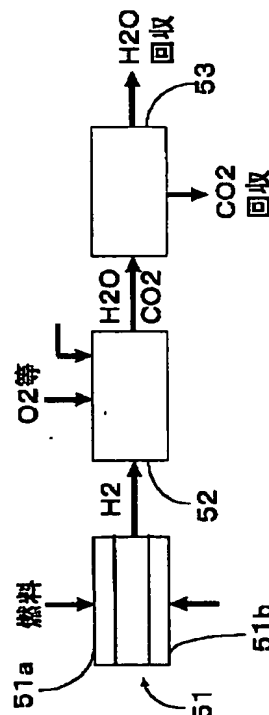
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 発電システム

(57)【要約】

【課題】従来は、発電によって生成された二酸化炭素を、特別な分離装置を設けて分離し回収していた。

【解決手段】燃料電池51には、燃料と酸素とが供給され、所定の温度下で化学反応をおこし発電する。燃料電池51から排出されるガスは、燃焼器52に供給される。燃焼器52には、酸素、または炭素原子または酸素原子または水素原子とからなる化合物を主成分とする流体を有する流体が供給され、燃料電池51から排出されるガスを含む流体と混合され燃焼される。燃焼器52から排出される流体は、二酸化炭素分離器53に供給され二酸化炭素と水蒸気とに分離し回収する。このような構成により、特別な分離装置を要さず、高効率かつ経済的に二酸化炭素だけを回収できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】少なくとも燃料を供給して発電する燃料電池と、前記燃料電池から排出されるガスを含む流体と、酸素、または炭素原子または酸素原子または水素原子とからなる化合物を主成分とする流体を有する流体と、を供給して、燃焼させる燃焼器と、前記燃焼器から排出される流体から少なくとも二酸化炭素を分離する二酸化炭素分離器とから構成されることを特徴とする発電システム。

【請求項 2】前記燃料が、炭素または水素を含む化合物であり、メタノール、エタノール、ジメチルエーテル、ジエチルエーテル、メタン、エタン、プロパン、ブタン、石炭、一酸化炭素、ぎ酸のうち少なくとも 1 種類を含むことを特徴とする請求項 1 記載の発電システム。

【請求項 3】前記燃料は、改質または分解またはガス化されて前記燃料電池に供給されることを特徴とする請求項 1 記載の発電システム。

【請求項 4】前記燃料電池は、燃料極と酸化剤極とを有しており、熔融炭酸塩型燃料電池または固体電解質型燃料電池または固体高分子型燃料電池またはアルカリ型燃料電池またはリン酸型燃料電池または硫酸型燃料電池または炭酸水溶液型燃料電池または固体プロトン型燃料電池のうち少なくとも 1 種類を有することを特徴とする請求項 1 記載の発電システム。

【請求項 5】前記二酸化炭素分離器から分離された二酸化炭素を、前記燃料電池に供給することを特徴とする請求項 1 記載の発電システム。

【請求項 6】前記燃料電池から排出される流体を圧縮する圧縮機を設けることを特徴とする請求項 1 記載の発電システム。

【請求項 7】前記燃料電池から排出される流体を用いて発電するガスタービンを設けることを特徴とする請求項 1 あるいは 6 記載の発電システム。

【請求項 8】前記燃焼器に、前記燃料または前記少なくとも水素を含むガスを供給することを特徴とする請求項 1 記載の発電システム。

【請求項 9】前記燃焼器に、前記酸素、または炭素原子または水素原子または酸素原子とからなる化合物を主成分とする流体を供給することを特徴とする請求項 1 記載の発電システム。

【請求項 10】前記燃料電池から排出される流体、または前記燃焼器から排出される流体、または前記ガスタービンから排出される流体から排熱回収を行う排熱回収部を設けることを特徴とする請求項 7 乃至 9 記載の発電システム。

【請求項 11】前記排熱回収部は、排熱改質器または排熱回収ボイラからなることを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 12】前記排熱回収部では、水蒸気の生成または燃料の改質または燃料の分解または燃料の気化または

燃料の加熱または燃料のガス化または前記燃料電池に供給される酸化剤の加熱を行うことを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 13】前記排熱回収部によって生成された水蒸気を含む流体を用いて発電する蒸気タービンを設けることを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 14】前記蒸気タービンに復水器が設けられることを特徴とする請求項 13 記載の発電システム。

【請求項 15】前記排熱回収部に、燃料を供給することを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 16】前記排熱回収部から排出される燃料を、前記燃料電池に供給することを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 17】前記燃料電池が、加圧型であることを特徴とする請求項 1 記載の発電システム。

【請求項 18】前記二酸化炭素分離器によって分離された水を、前記排熱回収部に供給することを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 19】前記排熱回収部によって生成された水蒸気を用いて、前記燃料の改質または分解またはガス化を行うことを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 20】前記排熱回収部によって生成された水蒸気を、前記ガスタービンに供給することを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 21】前記排熱回収部に供給される前記燃料電池から排出される流体は、前記燃料電池の燃料極または酸化剤極から排出されることを特徴とする請求項 10 記載の発電システム。

【請求項 22】前記ガスタービンから排出された流体を、前記燃料電池に供給することを特徴とする請求項 7 記載の発電システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発電システムに係り、特に燃料電池とガスタービンまたは蒸気タービンとを用いた複合発電システムによって、二酸化炭素を回収する発電システムに関する。

【0002】

【従来の技術】化石燃料を主とする火力発電プラントや燃料電池発電プラントでは、炭化水素系の燃料を、燃焼や電気化学反応によって、水と二酸化炭素とに変化させる時に得られる化学エンタルピーの差を電気エネルギーに変換して出力を得ている。

【0003】そして、その性質上、発電プラントから排出される排出ガスには、必ず二酸化炭素が含まれる。しかしながら、地球規模の環境対策が叫ばれる中において、二酸化炭素の大気中への放出は、地球温暖化を引き起こす大きな原因であるとされ、エネルギー需要の多い先進国を中心に、二酸化炭素の大気への排出量を規制する動きが出てきている。

【0004】実際、これら火力発電プラントから排出される二酸化炭素は膨大な量であり、従来、二酸化炭素を回収する方法について、例えばアジ化化合物を使って二酸化炭素を吸収する特開平4-313326号や、モノエタノールアミンを使って二酸化炭素を吸収する特開平3-97613号や、分離膜を使って二酸化炭素を分離する特開平3-267109号や、PSA分離法を使って二酸化炭素を分離する特開平4-59785号や、吸収液を使って二酸化炭素を分離する特開平5-184868号等が存在する。

【0005】この様に、プラントからの排出ガスを土類系多孔質体のゼオライトや活性炭等を用いて物理的に吸着させる方法や、特殊な膜による分離方法、化学的に吸収する方法などがあった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の様に二酸化炭素を回収する方法は、ある程度の規模の発電プラントには適応可能であるが、実際に火力発電プラントから排出される膨大な量の排出ガス中の数%を占める二酸化炭素を効率良く、ほぼ完全に回収することは困難である。

【0007】また、排出された二酸化炭素を回収する方法である物理吸着方法や、膜分離方法では、二酸化炭素の濃縮にエネルギーを消費するため、発電所の総合効率を低下させるという問題もあった。

【0008】そこで、本発明は上記従来の問題点に鑑みてなされたもので、例えば火力発電プラントや燃料電池発電プラントから排出される多量の二酸化炭素を、特別な分離を必要とせず、効率的かつ経済的に回収する発電プラントの提供を目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明の発電プラントは、少なくとも燃料を供給して発電する燃料電池と、前記燃料電池から排出されるガスを含む流体と、酸素、または炭素原子または酸素原子または水素原子とからなる化合物を主成分とする流体を有する流体と、を供給して、燃焼させる燃焼器と、前記燃焼器から排出される流体から少なくとも二酸化炭素を分離する二酸化炭素分離器とから構成される。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例の構成を図面を参照しながら説明する。図1は、発電プラントの第1実施例のブロック図である。燃料電池51内の燃料極51aと酸化剤極51bには、それぞれ少なくとも燃料と酸素（通常空気）とが供給され、所定の温度下で化学反応をおこし発電する。燃料電池51内の燃料極51aと酸化剤極51bとから排出されるガス（例えば水素または二酸化炭素）を含む流体は、燃料電池51に接続される燃焼器52に供給される。燃焼器52には、酸素、または炭素原子または酸素原子または水素原子とからな

る化合物を主成分とする流体を有する流体が供給される。例えば、酸素（純酸素）である。燃焼器52内では、燃料電池51から排出されるガスを含む流体と、酸素、または素原子または酸素原子または水素原子とからなる化合物を主成分とする流体を有する流体とが混合され燃焼される。

【0011】燃焼器52から排出される水蒸気と二酸化炭素を主成分とする流体は、燃焼器52に接続される二酸化炭素分離器53に供給される。二酸化炭素分離器53では、燃焼器52から排出される流体から少なくとも二酸化炭素と水蒸気とを分離しそれぞれ回収する。

【0012】発電システムは、燃料電池51と燃焼器52と二酸化炭素分離器53とから構成される。また、燃料電池51に供給される燃料は、炭素または水素を含む化合物であり、例えばメタノール、エタノール、ジメチルエーテル、ジエチルエーテル、メタン、エタン、プロパン、ブタン、石炭、一酸化炭素、ぎ酸のうち少なくとも1種類を含んでいる。このうちメタノールは、改質温度が300℃程度であり、改質に必要な熱を、燃料電池の発電時における熱を利用することができ、改質が容易である。

【0013】また、燃料は、改質または分解またはガス化されて、燃料電池51に供給される。例えば、メタノールやエタノール等のアルコール類は改質または電気分解され、石炭はガス化される。

【0014】燃料電池51は、熔融炭酸塩型燃料電池または固体電解質型燃料電池または固体高分子型燃料電池またはアルカリ型燃料電池またはリン酸型燃料電池または硫酸型燃料電池または炭酸水溶液型燃料電池または固体プロトン型燃料電池のうち少なくとも1種類を有する。例えば、熔融炭酸塩型燃料電池は、500℃から650℃までの温度範囲で発電を行い、固体高分子型燃料電池は、100℃程度で発電する。

【0015】以上述べた様な第1実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要とすることなく、燃焼器52からの排出される流体から水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止することができ、地球の温暖化を抑制することができる。

【0016】また、燃焼器3に供給される流体を、少なくとも酸素を含み炭素原子または酸素原子または水素原子とからなる化合物を主成分とする流体を有する流体とすることによって、燃焼器52から排出される流体を水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

【0017】また、燃料電池51内でおこる化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、燃料電池から排出される二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量は、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼす

ことが少ない。

【0018】次に、本発明の第2実施例の構成、動作に付いて、図2を参照して説明する。尚、以下の各実施例において、第1実施例と同一構成要素は同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0019】図2は、発電システムの第2実施例のブロック図である。二酸化炭素分離器53から分離された二酸化炭素を、燃料電池51に供給する。

【0020】二酸化炭素を燃料電池51の酸化剤極51bに供給することで、発電に必要な流体量を補うことができる。次に、本発明の第3実施例の構成、動作に付いて、図3を参照して説明する。

【0021】図3は、発電システムの第3実施例のブロック図である。燃料電池51と燃焼器52との間に、圧縮機54が接続される。燃料電池51の燃料極51aから排出される流体（少なくとも水素を含む流体）は、圧縮機54に供給されて圧縮される。圧縮された流体は、燃焼器52に供給される。

【0022】圧縮機54によって、燃料電池51から排出される流体を圧縮することで、燃焼器52に供給される流体の流量を実質的に増加させることができる。次に、本発明の第4実施例の構成、動作に付いて、図4を参照して説明する。

【0023】図4は、発電システムの第4実施例のブロック図である。燃焼器51と二酸化炭素回収部53との間に、ガスタービン55を設ける。燃料電池51から排出される流体は、燃焼器52で少なくとも酸素を含む流体と混合され燃焼された後、ガスタービン55に供給される。ガスタービン55内では、燃焼された流体が膨張することによって発電する。ガスタービン55から排出される流体は、二酸化炭素分離機53に供給される。

【0024】燃料電池51とガスタービン55とのコンバインドシステムによって発電を行うため、発電システム全体の発電量が増加すると共に、発電効率が向上する。次に、本発明の第5実施例の構成、動作に付いて、図5を参照して説明する。

【0025】図5は、発電システムの第5実施例のブロック図である。燃焼器51と二酸化炭素回収部53との間に、ガスタービン55を設ける。燃料電池51から排出される流体は、圧縮機54で圧縮され、燃焼器52で少なくとも酸素を含む流体と混合され燃焼される。燃焼された流体は、ガスタービン55に供給される。ガスタービン55内では、燃焼された流体が膨張することによって発電する。ガスタービン55から排出される流体は、二酸化炭素分離機53に供給される。

【0026】燃料電池51とガスタービン55とのコンバインドシステムによって発電を行うため、発電システム全体の発電量が増加すると共に、発電効率が向上する。なお、燃料電池51が加圧型の燃料電池であれば、燃料電池51から排出される流体の圧力は高いので、圧

縮機54を設けなくとも発電効率を向上させることができる。また、圧縮機54の動作にエネルギーを使わないため発電システムの発電効率があがる。

【0027】次に、本発明の第6実施例の構成、動作に付いて、図6を参照して説明する。図6(a)、(b)は、発電システムの第6実施例のブロック図である。燃焼器52に、燃料を供給することにより、ガスタービン55に導入される流体の量を増加することができる。ガスタービン55に導入される流体の量が増加すれば、それに伴ってガスタービン55での発電量が増える。また、燃焼器52に供給される燃料によって、燃焼器52内の温度が所定の温度以上にならないよう冷却材となっている。また、燃焼器52内で燃料を改質または分解またはガス化して、改質、分解、ガス化された流体を燃料電池51に供給することもできる。

【0028】次に、本発明の第7実施例の構成、動作に付いて、図7を参照して説明する。図7(a)、(b)は、発電システムの第7実施例のブロック図である。図7(a)に示す様に、燃料電池51と燃焼器52との間に燃料を供給する。燃焼器52に供給される燃料の流量を増加するとともに、燃焼器52の冷却を効率良く行うことができる。また、燃料電池51と燃焼器52との間に燃料を供給すると共に、酸素、または炭素原子または水素原子または酸素原子とからなる化合物を主成分とする流体を、燃料電池51と燃焼器52の間に、供給してもよい。

【0029】図7(b)に示す様に、燃料電池51と圧縮機54との間、または圧縮機54と燃焼器52との間に、燃料を供給する。燃焼器52に供給される燃料の流量を増加するとともに、燃焼器52の冷却を効率良く行うことができる。また、燃料電池51と圧縮機54との間、または圧縮機54と燃焼器52との間に燃料を供給すると共に、酸素、または炭素原子または水素原子または酸素原子とからなる化合物を主成分とする流体を、燃料電池51と圧縮機54との間、または圧縮機54と燃焼器52との間に、供給してもよい。

【0030】次に、本発明の第8実施例の構成、動作に付いて、図8を参照して説明する。図8(a)、(b)、(c)、(d)は、発電システムの第8実施例のブロック図である。

【0031】図8(a)に示す様に、燃料電池51と燃焼器52との間に、排熱回収部56を設ける。燃料電池51から排出される流体は、排熱回収部56に供給される。排熱回収部56では、燃料電池51から排出される流体から熱を回収する。燃料電池51から排出された流体から排熱を回収することで、排熱を有効的に利用することができる。

【0032】図8(b)に示す様に、燃焼器52と二酸化炭素分離器53との間に、排熱回収部56を設ける。燃焼器52から排出される流体は、排熱回収部56に供

給される。排熱回収部 56 では、燃焼器 52 から排出される流体から熱を回収する。燃焼器 52 から排出された流体から排熱を回収することで、排熱を有効的に利用することができる。

【0033】図 8 (c) に示す様に、ガスタービン 55 と二酸化炭素分離器 53 との間に、排熱回収部 56 を設ける。ガスタービン 55 から排出される流体は、排熱回収部 56 に供給される。排熱回収部 56 では、ガスタービン 55 から排出される流体から熱を回収する。ガスタービン 55 から排出された流体から排熱を回収することで、排熱を有効的に利用することができる。

【0034】図 8 (d) に示す様に、ガスタービン 55 と二酸化炭素分離器 53 との間に、排熱回収部 56 を設ける。ガスタービン 55 から排出される流体は、排熱回収部 56 に供給される。排熱回収部 56 では、ガスタービン 55 から排出される流体から熱を回収する。ガスタービン 55 から排出された流体から排熱を回収することで、排熱を有効的に利用することができる。

【0035】排熱回収部 56 は、燃料電池 51 または燃焼器 52 またはガスタービン 55 から排出される流体から排熱を回収すればよく、必要に応じて複数設けてもよい。排熱回収部 56 を複数設けることによって、排熱回収の効率を向上させることができる。

【0036】次に、本発明の第 9 実施例の構成、動作に付いて、図 9 を参照して説明する。図 9 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f) は、発電システムの第 9 実施例のブロック図である。

【0037】第 8 実施例における排熱回収部 56 は、水から水蒸気を生成する排熱回収ボイラ 57、または燃料の気化や燃料の加熱や燃料（特に石炭）のガス化や燃料電池 51 に供給する酸化剤の加熱や燃料の改質や燃料の分解を行う排熱改質器 58 からなる。排熱回収部 56 は、図 9 (a) に示す排熱回収ボイラ 57 単体、図 9 (b) に示す排熱改質器 58 単体、または図 9 (c)、(d)、(e)、(f) に示す排熱回収ボイラ 57 または排熱改質器 58 とを直列、あるいは並列に接続した構成である。燃料が改質温度が 900℃ 程度であるメタンであれば、排熱回収部 56 は、図 9 (f) が最適である。また、燃料が改質温度が 300℃ 程度であるメタノールであれば、排熱回収部 56 は、図 9 (c) が最適である。

【0038】次に、本発明の第 10 実施例の構成、動作に付いて、図 10 を参照して説明する。図 10 は、発電システムの第 10 実施例のブロック図である。

【0039】排熱回収部 56 に、水を供給し、燃焼器 52 から排出される流体の熱をもって、水蒸気が生成される。生成された水蒸気を含む流体は、蒸気タービン 59 に供給される。蒸気タービン 59 は、供給された水蒸気によって発電する。蒸気タービン 59 から排出される流体は、復水器 60 に供給される。復水器 60 で凝縮され

た流体は、二酸化炭素分離器 53 に供給される。燃焼器 52 に供給される流体は、燃料または少なくとも酸素を含む流体である。

【0040】排熱回収部 56 で、燃焼器 52 から排出される流体の排熱を利用して生成された水蒸気を蒸気タービン 59 に供給し発電を行うことで、発電システムの発電量を増加させると共に、発電効率を向上することができる。

【0041】次に、本発明の第 11 実施例の構成、動作に付いて、図 11 を参照して説明する。図 11 (a)、(b)、(c)、(d) は、発電システムの第 11 実施例のブロック図である。

【0042】図 11 (a) に示す様に、排熱回収部 56 に燃料を供給する。排熱回収部 56 では、燃料電池 51 から排出される流体の熱を利用して、燃料を改質、分解、気化、加熱、ガス化を行う。改質、分解、気化、加熱、ガス化された排熱回収部 56 から排出される流体は、燃料電池 51 に供給される。燃料電池 51 から排出される流体の熱を用いて、燃料を例えば改質するため、排熱の利用効率を向上することができる。

【0043】図 11 (b) に示す様に、排熱回収部 56 に燃料を供給する。排熱回収部 56 では、燃焼器 52 から排出される流体の熱を利用して、燃料を改質、分解、気化、加熱、ガス化を行う。改質、分解、気化、加熱、ガス化された排熱回収部 56 から排出される流体は、燃料電池 51 に供給される。燃焼器 52 から排出される流体の熱を用いて、燃料を例えば改質するため、排熱の利用効率を向上することができる。

【0044】図 11 (c) に示す様に、排熱回収部 56 に燃料を供給する。排熱回収部 56 では、ガスタービン 55 から排出される流体の熱を利用して、燃料を改質、分解、気化、加熱、ガス化を行う。改質、分解、気化、加熱、ガス化された排熱回収部 56 から排出される流体は、燃料電池 51 に供給される。ガスタービン 55 から排出される流体の熱を用いて、燃料を例えば改質するため、排熱の利用効率を向上することができる。

【0045】図 11 (d) に示す様に、排熱回収部 56 に燃料を供給する。排熱回収部 56 では、ガスタービン 55 から排出される流体の熱を利用して、燃料を改質、分解、気化、加熱、ガス化を行う。改質、分解、気化、加熱、ガス化された排熱回収部 56 から排出される流体は、燃料電池 51 に供給される。ガスタービン 55 から排出される流体の熱を用いて、燃料を例えば改質するため、排熱の利用効率を向上することができる。

【0046】次に、本発明の第 12 実施例の構成、動作に付いて、図 12 を参照して説明する。図 12 (a)、(b)、(c)、(d) は、発電システムの第 12 実施例のブロック図である。

【0047】図 12 (a) に示す様に、二酸化炭素分離器 53 で分離された水を、排熱回収部 56 に供給する。

排熱回収部 56 に供給された水は、燃料電池 51 から排出される流体が持つ熱によって、水蒸気となる。排熱回収部 56 にて水蒸気となった流体は、燃焼器 52 に供給される。燃焼器 52 に供給され燃焼される流体中の水蒸気の量を補うことができる。また、水蒸気を燃料電池 51 に供給し、水蒸気の熱によって、燃料を改質または分解またはガス化することもできる。

【0048】図 12 (b) に示す様に、二酸化炭素分離器 53 で分離された水を、排熱回収部 56 に供給する。排熱回収部 56 に供給された水は、燃焼器 52 から排出される流体が持つ熱によって、水蒸気となる。排熱回収部 56 にて水蒸気となった流体は、燃焼器 52 に供給される。燃焼器 52 に供給され燃焼される流体中の水蒸気の量を補うことができる。また、水蒸気を燃料電池 51 に供給し、水蒸気の熱によって、燃料を例えば改質することもできる。

【0049】図 12 (c) に示す様に、二酸化炭素分離器 53 で分離された水を、排熱回収部 56 に供給する。排熱回収部 56 に供給された水は、ガスタービン 55 から排出される流体が持つ熱によって、水蒸気となる。排熱回収部 56 にて水蒸気となった流体は、ガスタービン 55 に供給される。ガスタービン 55 に供給され、ガスタービン 55 の作動流体を増加させ発電量を増やすことができる。また、水蒸気を燃料電池 51 に供給し、水蒸気の熱によって、燃料を例えば改質することもできる。

【0050】図 12 (d) に示す様に、二酸化炭素分離器 53 で分離された水を、排熱回収部 56 に供給する。排熱回収部 56 に供給された水は、ガスタービン 55 から排出される流体が持つ熱によって、水蒸気となる。排熱回収部 56 にて水蒸気となった流体は、ガスタービン 55 に供給される。ガスタービン 55 に供給され、ガスタービン 55 の作動流体を増加させ発電量を増やすことができる。また、水蒸気を燃料電池 51 に供給し、水蒸気の熱によって、燃料を例えば改質することもできる。

【0051】次に、本発明の第 13 実施例の構成、動作に付いて、図 13 を参照して説明する。図 13 (a)、(b) は、発電システムの第 13 実施例のブロック図である。

【0052】図 13 (a) に示す様に、ガスタービン 55 から排出される流体を、燃料電池 51 に供給する。ガスタービン 55 から排出された流体は、燃料電池 51 の燃料極 51 a または酸化剤極 51 b に供給され、燃料流量及び酸化剤流量を補うことができる。また、ガスタービン 55 から排出された流体は、温度が 600℃程度と高く、燃料を改質または分解またはガス化することもできる。

【0053】図 13 (b) に示す様に、ガスタービン 55 から排出される流体を、燃料電池 51 に供給する。ガスタービン 55 から排出された流体は、燃料電池 51 の燃料極 51 a または酸化剤極 51 b に供給され、燃料流

量及び酸化剤流量を補うことができる。また、ガスタービン 55 から排出された流体は、温度が 600℃程度と高く、燃料を改質または分解またはガス化することもできる。

【0054】次に、本発明の第 14 実施例の構成に付いて、図 14 を参照して説明する。図 14 は、発電プラントの第 14 実施例のブロック図である。燃料タンク 5 には、炭化水素系の燃料（メタン、メタノール等）が貯蔵される。

【0055】燃料タンク 5 に貯蔵される燃料（以下、燃料をメタノールとする）は、熔融炭酸塩型燃料電池（燃料電池）1 と燃焼器 3 に供給される。熔融炭酸塩型燃料電池 1 に供給されたメタノールは、熔融炭酸塩型燃料電池 1 を構成するアノード電極 7 へ送られる。

【0056】また、燃焼器 3 に供給されたメタノールは、燃焼器 3 内で、酸素タンク 4 から供給される酸素（または純酸素）と、熱交換器 13 から供給される酸素及び二酸化炭素と混合され燃焼される。

【0057】燃焼器 3 で燃焼された燃焼ガスは、燃焼器 3 に接続されるガスタービン 2 に供給される。ガスタービン 2 に供給されガスタービン 2 を回転させて発電した燃焼ガスは、熱交換器 13 から供給される二酸化炭素および水蒸気と混合されて、熔融炭酸塩型燃料電池 1 を構成するカソード電極 6 へ供給される。

【0058】アノード電極 7 及びカソード電極 6 では、それぞれに供給されたガスを、所定の温度（500℃～650℃）下で、電気化学反応をおこすことによって発電する。

【0059】電気化学反応後のカソード電極 6 から排出される反応後ガスは、一部が蒸気発生器 8 に送られ、残りが再度カソード電極 6 へ供給される。また、電気化学反応後のアノード電極 7 から排出されるガスは、一部が燃焼器 12 に送られ、残りが再度アノード電極 7 へ供給される。

【0060】蒸気発生器 8 に送られるカソード電極 6 から排出された反応後ガスは、蒸気発生器 8 で熱を奪われた後、凝縮器 10 へ送られる。蒸気発生器 8 では、カソード電極 6 からの反応後ガスより奪った熱で加熱された水蒸気を蒸気タービン 9 に供給し、タービンを回転させて発電する。

【0061】蒸気タービン 9 から排出されるガスは、再度蒸気発生器 8 に送られる。凝縮器 10 に送られた反応後ガス中の水分は、凝縮器 10 によって回収され、その一部は蒸気タービン 9 の発電に使用され、残りは排出される。

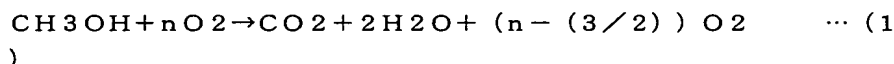
【0062】凝縮器 10 から排出されるガスの主成分は、二酸化炭素と酸素である。凝縮器 10 から排出されたガスは、圧縮器 11 に送られる。ここで、圧縮器 11 の回転軸とガスタービン 2 の回転軸は連結されている。

【0063】圧縮器 11 で圧縮されたガスは、熱交換器

1.3に送られる。熱交換器13には、酸素タンク4から供給される酸素と、アノード電極7から排出される反応後ガスとが混合され燃焼される燃焼器12からの燃焼排ガスも供給される。燃焼排ガスの主成分は、二酸化炭素と水である。

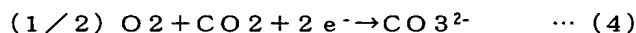
【0064】熱交換器13から排出されたガスは、再度燃焼器3に供給される。また、熱交換器13に供給された燃焼排ガスは、熱交換器13から、一部はカソード電極6に送られ、残りは凝縮器14に供給される。

【0065】凝縮器（二酸化炭素分離器）14では、燃焼排ガス中の水を凝縮させて回収し、また二酸化炭素も回収している。この発電プラントは、熔融炭酸塩型燃料電池1とガスタービン2と蒸気タービン9とで発電を行う複合発電システムである。

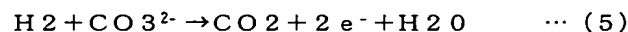


ただし、 $n > 2$ である。

【0069】燃焼器3の燃焼ガスは、ガスタービン2へと導入され、ガスタービン2で断熱膨張しながらでエネルギーを発生させる。ガスタービン2の出口ガスは、熔融炭酸塩型燃料電池1のカソード電極6へ適当な温度（500℃～600℃）で導入される。同時に、燃料であるメタノールも熔融炭酸塩型燃料電池1のアノード電極7へ供給され、以下の化学式（2）（改質反応）および化学式（3）（水性ガスシフト反応）の反応をおこす。この化学反応により、熔融炭酸塩型燃料電池1内部で水性ガスに改質される。水性ガスの成分は、水素と水蒸気と一酸化炭素と二酸化炭素である。



【0073】



この様な化学反応によって、カソード電極6に供給される二酸化炭素がアノード電極7へ移動する。

【0074】アノード電極7からの反応後ガスの一部を、アノード電極7の入口に、再帰的に戻すことにより、化学式（2）に必要な水蒸気を得ている。また、カソード電極6からの反応後ガスの一部を、カソード電極6の入口に、再帰的に戻すことにより、カソード電極6に必要なガスの流量を増加させ、熔融炭酸塩型燃料電池1内部の温度分布の均一化を図ることができる。

【0075】カソード電極6からの反応後ガスは、そのガスの余熱を利用して、排熱回収ボイラ等の蒸気発生器8によって蒸気を生成する。生成された蒸気を、蒸気タービン9に供給し、発電を行いエネルギーを得る。

【0076】蒸気発生器8から排出されたガスは、凝縮器10によって水分が取り除かれる。凝縮器13から排出されたガスの成分は、二酸化炭素と酸素である。凝縮器10から排出されたガスは、圧縮器11へ導入される。

【0066】この様な構成からなる第14実施例の動作について説明する。炭化水素系の燃料であるメタノールは、ガスタービンサイクルの高温熱源となる燃焼器3に供給される。また燃焼器3には、酸素タンク4（酸素液化酸素タンクあるいは酸素分離装置）から酸素も供給される。ここで、酸素量は、燃料の完全燃焼に要する理論混合比よりも過剰に供給する。

【0067】酸素吹きで燃焼した酸素とメタノールの化学反応は、以下の化学式（1）に示される通りである。生成される燃焼ガスの成分には、水蒸気、二酸化炭素、余剰酸素である。

【0068】

【化1】

【0070】

【化2】



【0071】



熔融炭酸塩型燃料電池1内部では、カソード電極6およびアノード電極7によって、以下の化学式（4）および化学式（5）の化学反応により電気エネルギーを発生する。

【0072】

【化4】

【化5】

【0077】圧縮器11によって圧縮されたガスは、熱交換器13にて熱を吸収し、再び燃焼器3へと導入される。熱交換器13から排出されるガス中の残留酸素は、燃焼器3内で、メタノールや酸素と共に燃焼される。

【0078】また、熱交換器13から排出されるガス中の二酸化炭素は、ガスタービンサイクルの作動流体として循環して使用される。なお、凝縮器10によって、蒸気発生器8から排出されたガス中から取り除かれた水の一部は、蒸気タービン9の作動用に使用される。

【0079】アノード電極7からの反応後ガスは、燃焼器12へ導入され、酸素吹きのもとで燃焼する。燃焼器12からの排ガスの成分は、二酸化炭素と水蒸気である。燃焼器12からの排ガスは、熱交換器13へ導入される。排ガスの持つ余熱は、燃焼器3へ導入されるガスタービン循環ガスの予熱に使用される。その後、熔融炭酸塩型燃料電池1のカソード電極6へと導入される。

【0080】熱交換器13を通過した燃焼器12からの排ガスは、凝縮器14によって、水分を取り除かれる。

水分を取り除かれた排ガスは、二酸化炭素回収部 15 へ導入される。排ガスに含有する成分は、凝縮器 14 によって、二酸化炭素だけとなり、二酸化炭素回収部によって回収される。

【0081】以上述べた様な第 14 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、排ガスから水分を取り除いて、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0082】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池 1 とガスタービン 2 と蒸気タービン 9 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。

【0083】また、ガスタービン 2 の燃焼器 3 を純酸素吹きにすることによって、ガスタービン 2 の作動流体を酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

【0084】また、燃焼器 3 内での燃焼を純酸素吹きにすることにより、熔融炭酸塩型燃料電池 1 内部のカソード電極 6 で必要な二酸化炭素を生成することができる。また、熔融炭酸塩型燃料電池 1 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOX を含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0085】また、アノード電極 7 から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部 15 前の燃焼器 12 により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部 15 に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0086】また、酸素を燃焼器 12 に導入することで、圧縮器 11 の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器 12 への導入は、圧縮器 11 の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク 4 内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易にその圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0087】また、カソード電極 6 からアノード電極 7 に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池 1 の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0088】次に、本発明の第 15 実施例の構成、動作に付いて、図 15 を参照して説明する。第 15 実施例の特徴は、酸素タンク 4 から供給される酸素（あるいは純

酸素）を、凝縮器 10 から排出されるガスと混合させて圧縮器 11 に送ることで、圧縮効率を向上させたことである。

【0089】図 15 は、発電システムの第 15 実施例のブロック図である。酸素タンク 4 に貯蔵される酸素（あるいは純酸素）は、燃焼器 12 に送ることも、また、圧縮器 11 に送ることもできる。酸素タンク 4 からの酸素は、圧縮器 11 に供給される前に、凝縮器 10 から排出されるガスと混合される。凝縮器 10 から排出されるガスの主成分は、二酸化炭素と酸素である。混合されたガスは、圧縮器 11 に送られ、所定の圧力に圧縮される。圧縮されたガスは、熱交換器 13 で予熱された後、燃焼器 3 に供給される。燃焼器 3 では、圧縮ガスと共に、燃料であるメタノールを混合させ燃焼する。

【0090】以上述べた様な第 15 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、排ガスから水分を取り除いて、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0091】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池 1 とガスタービン 2 と蒸気タービン 9 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。

【0092】また、ガスタービン 2 の燃焼器 3 を純酸素吹きにすることによって、ガスタービン 2 の作動流体を酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

【0093】また、熔融炭酸塩型燃料電池 1 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOX を含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0094】また、アノード電極 7 から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部 15 前の燃焼器 12 により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部 15 に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0095】また、酸素を燃焼器 12 に導入することで、圧縮器 11 の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器 12 への導入は、圧縮器 11 の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク 4 内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易にその圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0096】さらに、凝縮器 10 から排出されたガスに

は、まだ余熱があり、酸素タンク 4 から供給される酸素（液体酸素）の冷熱を利用して、排出ガスを冷却し、圧縮器 11 による圧縮効率を高めることができる。

【0097】また、カソード電極 6 からアノード電極 7 に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池 1 の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0098】また、圧縮器 11 に供給されるガスに酸素を供給することで、ガスの温度を低下させ、圧縮効率を向上させる。また、酸素を供給したことで、圧縮器 11 によって圧縮されるガスの質量が大きくなるため、ガスタービンの発電量が増加する。

【0099】次に、本発明の第 16 実施例の構成に付いて、図 16 を参照して説明する。第 16 実施例の特徴は、圧縮器 11 と熱交換器 13 との間に圧縮器 16 を設け、燃焼器 3 に供給される圧縮されたガスの圧縮効率を向上させたことである。

【0100】図 16 は、発電システムの第 16 実施例のブロック図である。圧縮器 11 と熱交換器 13 との間に、圧縮器 16 を設けて、多段圧縮器を構成する。

【0101】この様な構成からなる第 16 実施例の動作に付いて説明する。凝縮器 10 から排出されたガスは、圧縮器 11 に供給され、所望の圧力に圧縮される。圧縮されたガスは、酸素タンク 4 に貯蔵された酸素（液体酸素）と混合され、中間冷却される。酸素によって中間冷却されたガスは、次段の圧縮器 16 に供給され、所望の圧力にまで圧縮される。圧縮された圧縮ガスは、熱交換器 13 に送られ、予熱された後、燃焼器 3 に供給され燃焼する。

【0102】以上述べた様な第 16 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、排ガスから水分を取り除いて、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0103】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池 1 とガスタービン 2 と蒸気タービン 9 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。

【0104】また、ガスタービン 2 の燃焼器 3 を純酸素吹きにすることによって、ガスタービン 2 の作動流体を酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

【0105】また、熔融炭酸塩型燃料電池 1 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0106】また、アノード電極 7 から排出される二酸

化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部 15 前の燃焼器 12 により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部 15 に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0107】また、酸素を燃焼器 12 に導入することで、圧縮器 11 の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器 12 への導入は、圧縮器 11 の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク 4 内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易にその圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0108】また、カソード電極 6 からアノード電極 7 に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池 1 の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0109】さらに、凝縮器 11 から排出されたガスを、酸素タンク 4 から供給される酸素（液体酸素）の冷熱によって中間冷却することにより、圧縮器 16 から排出される圧縮ガスの圧縮効率を高めることができる。

【0110】また、燃焼器 3 に供給されるガスを多段で圧縮すると、圧縮効率が向上し、それに伴って発電効率も向上する。次に、本発明の第 17 実施例の構成、動作に付いて、図 17 を参照して説明する。第 17 実施例の特徴は、酸素タンク 4 に貯蔵される酸素（液体酸素）を、圧縮器 11 から排出された圧縮ガスと混合し、熱交換器 13 に供給することで、圧縮機 11 の仕事量を低減できることである。

【0111】図 17 は、発電システムの第 17 実施例のブロック図である。第 17 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、排ガスから水分を取り除いて、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0112】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池 1 とガスタービン 2 と蒸気タービン 9 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。

【0113】また、ガスタービン 2 の燃焼器 3 を純酸素吹きにすることによって、ガスタービン 2 の作動流体を酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

【0114】また、熔融炭酸塩型燃料電池 1 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量と比較して非常に少な

く、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0115】また、アノード電極7から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部15前の燃焼器12により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部15に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0116】また、酸素を燃焼器12に導入することで、圧縮器11の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器12への導入は、圧縮器11の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク4内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易にその圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0117】また、カソード電極6からアノード電極7に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池1の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0118】さらに、凝縮器11から排出されたガスを、酸素タンク4から供給される酸素（液体酸素）の冷熱によって中間冷却することにより、圧縮器16から排出される圧縮ガスの圧縮効率を高めることができる。

【0119】また、燃焼器3に供給されるガスを多段で圧縮すると、圧縮効率が向上し、それに伴って発電効率も向上する。また、酸素を熱交換機13の直前で、圧縮ガスに混入させることで、圧縮器11による圧縮は凝縮器10から排出されるガスだけでよく、圧縮による仕事量が低減できる。

【0120】次に、本発明の第18実施例の構成、動作に付いて、図18を参照して説明する。第18実施例の特徴は、カソード電極6から排出されるガスの全量を、蒸気発生器8に供給し、カソード電極6へのリサイクルに要する動力損を低減したことである。図18は、発電システムの第18実施例のブロック図である。

【0121】熔融炭酸塩型燃料電池1内部では、アノード電極7とカソード電極6とに供給されたガスの電気化学反応により発電を行う。発電に使用され、アノード電極7から排出されたガスは、一部はアノード電極7に送られてリサイクルされ、残りは燃焼器12に供給される。また、カソード電極6から排出されたガスは、蒸気発生器8に供給される。

【0122】以上述べた様な第18実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要とすることなく、排ガスから水分を取り除いて、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することが

できる。

【0123】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池1とガスタービン2と蒸気タービン9とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。

【0124】また、ガスタービン2の燃焼器3を純酸素吹きにすることによって、ガスタービン2の作動流体を酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

【0125】また、熔融炭酸塩型燃料電池1を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0126】また、アノード電極7から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部15前の燃焼器12により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部15に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0127】また、酸素を燃焼器12に導入することで、圧縮器11の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器12への導入は、圧縮器11の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク4内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易にその圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0128】また、カソード電極6からアノード電極7に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池1の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0129】さらに、カソード電極6から排出されるガスの全量を、蒸気発生器8に供給するため、熔融炭酸塩型燃料電池1の発電部分の温度分布を均一化するために、ガスタービン9サイクルとカソード電極6の循環ガスを増加させる必要はあるが、カソード電極6へ局所的なガスリサイクルを行わないことにより、カソード電極6のガスリサイクルに要する動力損を低減し、小型化することができる。

【0130】次に、本発明の第19実施例の構成、動作に付いて、図19を参照して説明する。第19実施例の特徴は、アノード電極7から排出されるガスの全量を、燃焼器12に送り、酸素と共に燃焼させることで、熔融炭酸塩型燃料電池1での発電効率を向上させたことである。

【0131】図19は、発電システムの第19実施例の

ブロック図である。カソード電極 6 から排出されるガスは、一部はカソード電極 6 へ送られ、残りは蒸気発生器 8 に送られる。

【0132】又、アノード電極 7 から排出されるガスは、燃焼器 12 へ送られる。燃焼器 12 では、アノード電極 7 から排出されるガスと、酸素タンク 4 から供給される酸素とを混合し燃焼する。燃焼器 12 から排出されるガスは、熱交換器 13 に送られ、圧縮器 11 から排出されるガスに熱を与える。熱交換器 13 にて熱を奪われたガスは、一部は凝縮器 14 に送られ、残りはアノード電極 7 へ供給され発電に利用される。凝縮器 14 に送られたガスは、水と二酸化炭素に分離され、それぞれ回収される。

【0133】以上述べた様な第 19 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、燃焼器 12 からの排ガスから凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0134】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池 1 とガスタービン 2 と蒸気タービン 9 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。

【0135】また、ガスタービン 2 の燃焼器 3 を純酸素吹きにすることによって、ガスタービン 2 の作動流体を酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

【0136】また、熔融炭酸塩型燃料電池 1 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素 (NOX、SOX を含む) の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0137】また、アノード電極 7 から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部 15 前の燃焼器 12 により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部 15 に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0138】また、酸素を燃焼器 12 に導入することで、圧縮器 11 の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器 12 への導入は、圧縮器 11 の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク 4 内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易にその圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0139】さらに、アノード電極 7 から排出されるガスの全量を、燃焼器 12 に供給するため、酸素と共に燃

焼する燃焼器 12 から排出されるガスの流量が増加する。ガスの流量が増加することによって、熱交換器 13 における圧縮器 13 からの排出ガスに、多くの熱を与えることができ、十分な予熱が出来るため、燃焼器 3 におけるエネルギー効率を向上させることができる。

【0140】また、カソード電極 6 からアノード電極 7 に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池 1 の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0141】また、アノード電極 7 への局所的なガスリサイクルを行わないことにより、アノード電極 7 のガスリサイクルに要する動力損を低減し、小型化することができる。また、熱交換器 13 から排出されるガスは、二酸化炭素と水蒸気とを有しており、アノード電極 7 に必要な燃料としても利用できる。

【0142】また、排出されるアノードガス全量を、アノード 7 へ供給することによって、熔融炭酸塩型燃料電池 1 内でのカーボンの析出を抑制することができる。次に、本発明の第 20 実施例の構成、動作に付いて、図 20 を参照して説明する。

【0143】第 20 実施例の特徴は、燃焼器 12 から排出されるガスを、アノード電極 6 とカソード電極 7 とに供給させることにより、発電効率を向上させることができる。

【0144】図 20 は、発電システムの第 20 実施例のブロック図である。アノード電極 7 から排出されるガスは、燃焼器 12 に送られる。燃焼器 12 では、酸素タンク 4 から供給される酸素と、アノード電極 7 から排出されたガスとを混合し燃焼させる。燃焼後のガスは、熱交換器 13 に送られ、圧縮器 11 から排出されるガスに熱を与える。熱交換器 13 にて、燃焼器 12 から排出されたガスから熱を奪い予熱されたガスは、燃焼器 3 に供給される。

【0145】また、熱交換器 13 にて熱を奪われたガスは、一部は凝縮器 14 に送られ、残りは、アノード電極 6 およびカソード電極 7 に送られる。凝縮器 14 に送られたガスは、凝縮によって水と二酸化炭素とに分離され、それぞれ回収される。アノード電極 6 およびカソード電極 7 に供給されたガスは、再度発電に使用される。燃焼器 12 から排出されたガスには、二酸化炭素と水蒸気とを含んでいる。

【0146】以上述べた様な第 20 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、燃焼器 12 からの排ガスから凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0147】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池 1 とガスタービン 2 と蒸気タービン 9 とからなる複

合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に
行うことができる。

【0148】また、ガスタービン2の燃焼器3を純酸素
吹きにすることによって、ガスタービン2の作動流体を
酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化
炭素の回収を容易にすることができる。

【0149】また、熔融炭酸塩型燃料電池1を用いて、
化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発
電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素
(NOX、SOXを含む)の量と比較して非常に少な
く、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0150】また、アノード電極7から排出される二酸
化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部15前の燃焼器1
2により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿
り二酸化炭素として二酸化炭素回収部15に導入するた
め、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法
を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電シス
テム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効
率的でかつ容易に回収することができる。

【0151】また、酸素を燃焼器12に導入すること
で、圧縮器11の動力の低減を図ることができる。つま
り、酸素の燃焼器12への導入は、圧縮器11の出口圧
力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要と
なるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク4内の酸
素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易に
その圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける
必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0152】さらに、燃焼器12から排出されたガス
が、アノード電極7およびカソード電極6にリサイクル
されるため、発電効率を向上させることができる。また、
カソード電極6からアノード電極7に二酸化炭素が
移動する熔融炭酸塩型燃料電池1の特徴を利用して、二
酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すこ
とができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の
良いシステムとすることができる。

【0153】また、燃料がLNGやメタノールなどの溶
融炭酸塩型燃料電池1内部で改質することができるもの
であれば、改質を行う装置を必要とせず、さらに発電効
率が向上する。

【0154】また、カソード6に必要な二酸化炭素の量
が不足している場合には、カソード6の排ガスをリサイ
クルさせることで、補うことができる。次に、本発明の
第21実施例の構成に付いて、図21を参照して説明す
る。

【0155】第21実施例の特徴は、アノード電極7か
ら排出されるガスは、燃焼器12に送り、カソード電極
6から排出されるガスは、一部はカソード電極6に、残
りは外部改質器17に供給することで、燃料を熔融炭酸
塩型燃料電池1外部で燃料を改質し、カソード電極6か
ら排出されるガスの排熱を利用し発電効率を上げること

である。

【0156】図21は、発電システムの第21実施例の
ブロック図である。カソード電極6と凝縮器10との間
に外部改質器17を設ける。この様な構成からなる第2
1実施例の動作に付いて説明する。

【0157】燃料タンク5からメタノール等の燃料が、
外部改質器17に供給される。またカソード電極6から
排出されるガスは、一部はカソード電極6のガス入口に
送られ、残りは外部改質器17に供給される。外部改質
器17では、カソード電極6から排出されたガスの余熱
によって、燃料を改質する。改質された燃料ガスは、ア
ノード電極7に供給される。燃料に熱を与えたカソード
電極6から排出されたガスは、凝縮器10に送られる。
凝縮器10では、排出ガス中の二酸化炭素と酸素とを、
水と分離し、二酸化炭素と酸素とは圧縮器11に送られ
る。分離された水は、一部は燃料と共に外部改質器17
に送られ、残りは回収される。

【0158】以上述べた様な第21施例では、二酸化炭
素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要すること
なく、燃焼器12からの排ガスから凝縮によって、水分
を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。
そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地
球の温暖化を抑制することができる。

【0159】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料
電池1とガスタービン2と蒸気タービン9とからなる複
合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に
行うことができる。

【0160】また、ガスタービン2の燃焼器3を純酸素
吹きにすることによって、ガスタービン2の作動流体を
酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化
炭素の回収を容易にすることができる。

【0161】また、熔融炭酸塩型燃料電池1を用いて、
化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発
電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素
(NOX、SOXを含む)の量と比較して非常に少な
く、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0162】また、アノード電極7から排出される二酸
化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部15前の燃焼器1
2により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿
り二酸化炭素として二酸化炭素回収部15に導入するた
め、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法
を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電シス
テム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効
率的でかつ容易に回収することができる。

【0163】また、酸素を燃焼器12に導入すること
で、圧縮器11の動力の低減を図ることができる。つま
り、酸素の燃焼器12への導入は、圧縮器11の出口圧
力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要と
なるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク4内の酸
素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易に

その圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0164】さらに、燃焼器12から排出されたガスが、カソード電極6にリサイクルされるため、発電効率を向上させることができる。また、カソード電極6からアノード電極7に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池1の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0165】また、カソード電極6から排出されるガスの余熱を使用して、燃料ガスの改質を行うため、熔融炭酸塩型燃料電池1内部で改質が困難な燃料であっても燃料ガスとして使用できる。

【0166】また、カソード6の排熱を利用することで、燃料ガスの生成量を制御することができる。次に、本発明の第22実施例の構成に付いて、図22を参照して説明する。

【0167】第22実施例の特徴は、燃焼器12から排出されるガスを外部改質器17に供給することで燃料を改質し、排熱を利用し発電効率を向上させたことである。図22は、発電システムの第22実施例のブロック図である。

【0168】外部改質器17は、燃焼器12とアノード電極7との間に設けられる。燃焼器12とアノード電極7との間には、凝縮器14が設けられる。この様な構成からなる第22実施例の動作に付いて説明する。

【0169】酸素タンク4から送出された酸素と、アノード電極7から排出されたガスとが、燃焼器12に送り込まれる。燃焼器12で燃焼したガスは、外部改質器17に送られる。外部改質器17には、燃焼器12から排出されたガスが流入すると共に、燃料タンク5からメタノール等の燃料が供給される。外部改質器17内では、排出されたガスの余熱によって燃料を改質する。改質された改質ガスは、アノード電極7に供給される。改質によって熱を奪われた燃焼排出ガスは、一部は凝縮器14に送られ、残りはアノード電極7に燃料として供給される。凝縮器14で凝縮されて分離された水と二酸化炭素とは、それぞれ回収される。

【0170】また、カソード電極6から排出されたガスは、一部はカソード電極6のガス入口に供給され、残りは熱交換器13に送られる。熱交換器13で熱を奪われたガスは、凝縮器10で水を分離して圧縮器11に送られる。凝縮器10で分離された水は、一部は回収され、残りは外部改質器17に送られる。

【0171】以上述べた様な第22実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、燃焼器12からの排ガスから凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止で

き、地球の温暖化を抑制することができる。

【0172】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池1とガスタービン2と蒸気タービン9とからなる複合発電システムであるため、発電を効率のかつ経済的に行うことができる。

【0173】また、ガスタービン2の燃焼器3を純酸素吹きにすることによって、ガスタービン2の作動流体を酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

10 【0174】また、熔融炭酸塩型燃料電池1を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0175】また、アノード電極7から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部15前の燃焼器12により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部15に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0176】また、酸素を燃焼器12に導入することで、圧縮器11の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器12への導入は、圧縮器11の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク4内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易にその圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0177】また、カソード電極6からアノード電極7に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池1の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0178】また、燃焼器12から排出されるガスの排熱を利用し燃料を改質するため、総合的な発電効率が向上する。さらに、燃焼器12から排出されるガスは、非常に高温であるため、多量の燃料を同時に改質することができ、改質温度が高い燃料においても改質できる。

【0179】また、燃焼器12からの排ガスによって、燃料ガスの生成量を制御することができる。次に、本発明の第23実施例の構成、動作に付いて、図23を参照して説明する。

【0180】第23実施例の特徴は、ブロー18を設け、ブロー18からカソード電極6に空気を供給することによって、カソード電極6に供給される空気の純酸素量を低減し、発電効率を向上させたことである。

【0181】図23は、発電システムの第23実施例のブロック図である。燃料タンク5に貯蔵されるメタノー

ルなどの燃料は、熔融炭酸塩型燃料電池 1 内部のアノード電極 7 に供給される。

【0182】酸素タンク 4 に貯蔵される酸素は、燃焼器 3 に供給される。燃焼器 3 内で、純酸素吹きにて完全燃焼して排出される燃焼排ガスは、ガスタービン 2 に送られ、ガスタービン 2 内で膨張しながら発電する。ガスタービン 2 から排出されたガスは、二酸化炭素と水蒸気とを成分とし、熱交換器 19 によって、ブローア 18 からの空気に熱を与えて予熱する。

【0183】熱を奪われたガスは、凝縮器 14 に送られる。凝縮器 14 では、ガス中の水分を凝縮して水と、二酸化炭素、酸素とに分離する。分離された水は回収される。二酸化炭素の一部は、二酸化炭素回収部 15 に回収される。残りの二酸化炭素と酸素は、圧縮器 11 に送られる。圧縮器 11 にて圧縮されたガスは、熱交換器 13 を通って燃焼器 3 に供給される。

【0184】ブローア 18 によって外部の空気が取り込まれ、熱交換器 19 を通って、熔融炭酸塩型燃料電池 1 内部のカソード電極 6 に供給される。熱交換器 19 では、ガスタービン 2 から排出されたガスの余熱によって加熱される。

【0185】アノード電極 7 に供給された燃料は、熔融炭酸塩型燃料電池 1 内部で改質され改質ガスとなる。アノード電極 7 とカソード電極 6 とに、それぞれ供給された燃料（改質ガス）と空気とが、電池反応によって発電する。

【0186】電池反応後のアノード電極 7 から排出されるガスは、一部は燃料の改質に必要な水蒸気の確保のためアノード電極 7 にリサイクルされ、残りは燃焼器 3 に送られる。

【0187】また、電池反応後のカソード電極 6 から排出される窒素の含有量が多いガスは、熱交換器 13 に送られる。熱交換器 13 では、カソード電極 6 から排出されたガスから、圧縮器 11 から排出された圧縮ガスに熱を与える。熱を奪われたガスは、一部はカソード電極 6 に供給され、残りは回収される。

【0188】以上述べた様な第 23 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、燃焼器 12 からの排ガスから凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0189】また、発電プラントが、熔融炭酸塩型燃料電池 1 とガスタービン 2 と蒸気タービン 9 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。

【0190】また、ガスタービン 2 の燃焼器 3 を純酸素吹きにすることによって、ガスタービン 2 の作動流体を酸素と水蒸気と二酸化炭素とにすることができ、二酸化炭素の回収を容易にすることができる。

【0191】また、熔融炭酸塩型燃料電池 1 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0192】また、アノード電極 7 から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部 15 前の燃焼器 12 により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部 15 に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0193】また、酸素を燃焼器 12 に導入することで、圧縮器 11 の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器 12 への導入は、圧縮器 11 の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク 4 内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易にその圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0194】また、カソード電極 6 からアノード電極 7 に二酸化炭素が移動する熔融炭酸塩型燃料電池 1 の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0195】また、カソード電極 6 に供給される空は、外部からブローア 18 によって取り込んでいるため、システムが簡略化されるとともに、コスト低減ができる。さらに、空気は無害であるため取り扱いが容易である。

【0196】次に、本発明の第 24 実施例の構成、動作に付いて、図 24 を参照して説明する。第 24 実施例の特徴は、固体電解質型燃料電池 20 とガスタービン 2 とを設け、発電効率を上げたことである。

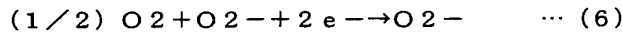
【0197】図 24 は、発電システムの第 24 実施例のブロック図である。燃料タンク 5 に貯蔵されるメタノールなどの燃料は、固体電解質燃料電池 20 内部のアノード電極 7 に供給される。

【0198】酸素タンク 4 に貯蔵される酸素は、理論燃焼に必要な量の酸素（純酸素）が燃焼器 3 に供給される。燃焼器 3 内で、純酸素吹きにて完全燃焼し排出される燃焼排ガスは、ガスタービン 2 に送られ、ガスタービン 2 内で膨張しながらエネルギーを取り出し発電する。ガスタービン 2 から排出されたガスは、二酸化炭素と水蒸気とを成分とし、熱交換器 19 によって、ブローア 18 からの空気に熱を与えて熱交換を行い空気を予熱する。

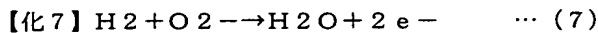
【0199】熱を奪われた燃焼排ガスは、凝縮器 14 に送られる。凝縮器 14 では、ガス中の水蒸気を凝縮して水とし、二酸化炭素、酸素と分離する。分離された水は回収される。水蒸気と分離された二酸化炭素の一部は、

二酸化炭素回収部 15 に回収され、残りの二酸化炭素は酸素と共に、圧縮器 11 に送られる。圧縮器 11 によって圧縮されたガスは、熱交換器 13 を通って燃焼器 3 に供給される。

【0200】ブローア 18 によって外部の空気が取り込まれ、取り込まれた空気は熱交換器 19 を通って、固体電解質燃料電池 20 内部のカソード電極 6 に供給される。熱交換器 19 では、ガスタービン 2 から排出されたガスの余熱によって空気を加熱する。



【0203】



【0204】



電池反応後のアノード電極 7 から排出されるガスは、燃焼器 3 に送られる。また、電池反応後のカソード電極 6 から排出される窒素の含有量が多いガスは、熱交換器 13 に送られる。熱交換器 13 では、カソード電極 6 から排出されたガスから、圧縮器 11 から排出された圧縮ガスに熱を与える。熱を奪われたガスは、外部へ排出される。

【0205】以上述べた様な第 24 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、凝縮器 14 の凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0206】また、発電プラントが、固体電解質燃料電池 20 とガスタービン 2 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。また、固体電解質燃料電池 20 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素 (NOX、SOX を含む) の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0207】また、アノード電極 7 から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部 15 前の燃焼器 12 により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部 15 に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0208】また、酸素を燃焼器 12 に導入することで、圧縮器 11 の動力の低減を図ることができる。つまり、酸素の燃焼器 12 への導入は、圧縮器 11 の出口圧力より高い圧力を必要とし、そのため加圧装置が必要となるが、酸素供給施設、具体的には酸素タンク 4 内の酸素が液化酸素の場合にあっては、液送ポンプ等で容易に

【0201】アノード電極 7 に供給された燃料は、固体電解質燃料電池 20 内部で改質され改質ガスとなる。カソード電極 6 とアノード電極 7 とに、それぞれ供給された空気と、燃料 (改質ガス) とが、以下の化学式 (6) と、化学式 (7)、(8) の様な電池反応を起こすことで発電する。

【0202】

【化6】

その圧力を得ることができるため、余分な装置を設ける必要がなくコスト低減と、小型化ができる。

【0209】また、カソード電極 6 からアノード電極 7 に酸素イオンが移動する固体電解質燃料電池 20 の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0210】また、カソード電極 6 に供給される空気は、外部からブローア 18 によって取り込んでいるため、システムが簡略化されるとともに、コスト低減ができる。さらに、空気は無害であるため取り扱いが容易である。

【0211】次に、本発明の第 25 実施例の構成、動作に付いて、図 25 を参照して説明する。第 25 実施例の特徴は、ガスタービン 2 から排出されたガスに、酸素タンク 4 から酸素を混合させ、圧縮器 11 の圧縮効率を向上させたことである。

【0212】図 25 は、発電システムの第 25 実施例のブロック図である。燃料タンク 5 に貯蔵されるメタノールなどの燃料は、固体電解質燃料電池 20 内部のアノード電極 7 に供給される。

【0213】燃焼器 3 には、固体電解質燃料電池 20 内部の電池反応後のアノード電極 7 から排出されるガスと、圧縮器 11 から排出される圧縮ガスとが供給される。燃焼器 3 内で、燃焼し排出される燃焼排ガスは、ガスタービン 2 に送られ、ガスタービン 2 内で膨張しながらエネルギーを取り出し発電する。ガスタービン 2 から排出されたガスは、二酸化炭素と水蒸気とを成分とし、熱交換器 19 によって、ブローア 18 からの空気に熱を与えて熱交換を行い空気を予熱する。

【0214】熱を奪われた燃焼排ガスは、凝縮器 14 に送られる。凝縮器 14 では、ガス中の水蒸気を凝縮して水とし、二酸化炭素、酸素と分離する。分離された水は回収される。水蒸気と分離された二酸化炭素の一部は、二酸化炭素回収部 15 に回収され、残りの二酸化炭素は酸素と共に、圧縮器 11 に送られる。二酸化炭素と酸素とが圧縮器 11 に供給される前に、酸素タンク 4 に貯蔵される酸素が混合される。混合されたガスが、圧縮器 11 に供給される。圧縮器 11 内で凝縮されたガスは、熱交換器 13 を通って燃焼器 3 に供給される。

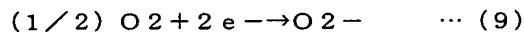
【0215】ブローア 18 によって外部の空気が取り込まれ、取り込まれた空気は熱交換器 19 によって熱交換し、固体電解質燃料電池 20 内部のカソード電極 6 に供給される。熱交換器 19 では、ガスタービン 2 から排出されたガスの余熱によって空気を加熱する。

【0216】アノード電極 7 に供給された燃料は、固体電解質燃料電池 20 内部で改質され改質ガスとなる。カソード電極 6 と、アノード電極 7 とに、それぞれ供給された空気と、燃料（改質ガス）とが、以下の化学式

(9) と、化学式 (10)、(11) の様な電池反応を起こすことで発電する。

【0217】

【化 9】



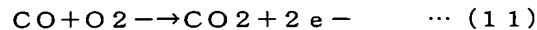
【0218】

【化 10】



【0219】

【化 11】



電池反応後のアノード電極 7 から排出されるガスは、燃焼器 3 に送られる。また、電池反応後のカソード電極 6 から排出される窒素の含有量が多いガスは、熱交換器 13 に送られる。熱交換器 13 では、カソード電極 6 から排出されたガスから、圧縮器 11 から排出された圧縮ガスに熱を与える熱交換を行う。熱を奪われたガスは、外部へ排出される。

【0220】以上述べた様な第 25 実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、凝縮器 14 の凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0221】また、発電プラントが、固体電解質燃料電池 20 とガスタービン 2 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。また、固体電解質燃料電池 20 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOX を含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0222】また、アノード電極 7 から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部 15 前の燃焼器 12 により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部 15 に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0223】また、カソード電極 6 からアノード電極 7

に酸素イオンが移動する固体電解質燃料電池 20 の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0224】また、カソード電極 6 に供給される空気は、外部からブローア 18 によって取り込んでいるため、システムが簡略化されるとともに、コスト低減ができる。さらに、空気は無害であるため取り扱いが容易である。

【0225】また、酸素が液体酸素であれば、その冷熱を利用することで、圧縮器 11 入口でのガス温度を酸素が気体である場合よりも低下させることができるため、圧縮器 11 の圧縮効率をより高めることができる。

【0226】また、圧縮器 11 に供給されるガスに酸素を供給することで、ガスの温度を低下させ、圧縮効率を向上させる。また、酸素を供給したことで、圧縮器 11 によって圧縮されるガスの質量が大きくなるため、ガスタービンの発電量が増加する。

【0227】次に、本発明の第 26 実施例の構成、動作に付いて、図 26 を参照して説明する。第 26 実施例の特徴は、酸素を圧縮器 11 から排出された圧縮ガスと混合させ、圧縮器 16 に供給することで、圧縮効率を向上させ、発電効率を向上させたことである。図 26 は、発電システムの第 26 実施例のブロック図である。

【0228】燃料タンク 5 に貯蔵されるメタノールなどの燃料は、固体電解質燃料電池 20 内部のアノード電極 7 に供給される。燃焼器 3 には、固体電解質燃料電池 20 内での電池反応後のアノード電極 7 から排出されるガスと、圧縮器 16 から排出される圧縮ガスとが供給される。燃焼器 3 内で、燃焼し排出される燃焼排ガスは、ガスタービン 2 に送られ、ガスタービン 2 内で膨張しながらエネルギーを取り出し発電する。ガスタービン 2 から排出されたガスは、二酸化炭素と水蒸気とを成分とし、熱交換器 19 によって、ブローア 18 からの空気に熱を与えて熱交換を行い空気を予熱する。

【0229】熱を奪われた燃焼排ガスは、凝縮器 14 に送られる。凝縮器 14 では、燃焼排ガス中の水蒸気を凝縮して水とし、二酸化炭素、酸素と分離する。凝縮器 14 によって分離された水は回収される。水蒸気と分離された二酸化炭素の一部は、二酸化炭素回収部 15 に回収され、残りの二酸化炭素は酸素と共に、圧縮器 11 に送られる。圧縮器 11 によって圧縮された圧縮ガスは、圧縮器 16 に送り込まれる前に、酸素タンク 4 に貯蔵される酸素と混合される。混合されたガスは、圧縮器 16 に供給される。圧縮器 16 内で凝縮されたガスは、熱交換器 13 を通って燃焼器 3 に供給される。

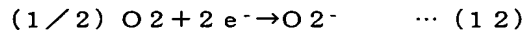
【0230】ブローア 18 によって外部の空気が取り込まれ、取り込まれた空気は熱交換器 19 によって熱交換し、固体電解質燃料電池 20 内部のカソード電極 6 に供給される。熱交換器 19 では、ガスタービン 2 から排出

されたガスの余熱によって空気を加熱する。

【0231】アノード電極7に供給された燃料は、固体電解質燃料電池20内部で改質され改質ガスとなる。カソード電極6と、アノード電極7とに、それぞれ供給された酸素と、燃料（改質ガス）とが、以下の化学式（12）と、化学式（13）、（14）の様な電池反応を起こすことで発電する。

【0232】

【化12】



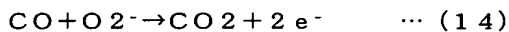
【0233】

【化13】



【0234】

【化14】



電池反応後のアノード電極7から排出されるガスは、燃焼器3に送られる。また、電池反応後のカソード電極6から排出される窒素の含有量が多いガスは、熱交換器13に送られる。熱交換器13では、カソード電極6から排出されたガスから、圧縮器16から排出された圧縮ガスに熱を与える熱交換を行う。熱を奪われたガスは、外部へ排出される。

【0235】以上述べた様な第26実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、凝縮器14の凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0236】また、発電プラントが、固体電解質燃料電池20とガスタービン2とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。また、固体電解質燃料電池20を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0237】また、アノード電極7から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部15前の燃焼器12により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部15に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0238】また、カソード電極6からアノード電極7に酸素イオンが移動する固体電解質燃料電池20の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0239】また、カソード電極6に供給される空気は、外部からブロー18によって取り込んでいるため、システムが簡略化されるとともに、コスト低減ができる。さらに、空気は無害であるため取り扱いが容易である。

【0240】また、酸素が液体酸素であれば、その冷熱を利用することで、圧縮器16入口でのガス温度を酸素が気体である場合よりも低下させることができるため、圧縮器16の圧縮効率をより高めることができ、発電効率を向上させることができる。

【0241】次に、本発明の第27実施例の構成、動作に付いて、図27を参照して説明する。また、燃焼器3に供給されるガスを多段で圧縮すると、圧縮効率が向上し、それに伴って発電効率も向上する。

【0242】第27実施例の特徴は、酸素を圧縮器11から排出された圧縮ガスに供給することで、酸素を圧縮するための圧縮器11の仕事を低減することである。図27は、発電システムの第27実施例のブロック図である。

【0243】燃料タンク5に貯蔵されるメタノールなどの燃料は、固体電解質燃料電池20内部のアノード電極7に供給される。燃焼器3には、固体電解質燃料電池20内での電池反応後のアノード電極7から排出されるガスと、圧縮器11から排出される圧縮ガスとが供給される。燃焼器3内で、燃焼し排出される燃焼排ガスは、ガスタービン2に送られ、ガスタービン2内で膨張しながらエネルギーを取り出し発電する。ガスタービン2から排出されたガスは、二酸化炭素と水蒸気とを成分とし、熱交換器19によって、ブロー18からの空気に熱を与えて熱交換を行い空気を予熱する。

【0244】熱を奪われた燃焼排ガスは、凝縮器14に送られる。凝縮器14では、燃焼排ガス中の水蒸気を凝縮して水とし、二酸化炭素、酸素と分離する。凝縮器14によって分離された水は回収される。水蒸気と分離された二酸化炭素の一部は、二酸化炭素回収部15に回収され、残りの二酸化炭素は酸素と共に、圧縮器11に送られる。圧縮器11によって圧縮された圧縮ガスは、熱交換器13に送り込まれる前に、酸素タンク4に貯蔵される酸素と混合される。混合されたガスが、熱交換器13に供給される。熱交換器13で、熱交換を行った混合ガスは、燃焼器3に供給される。

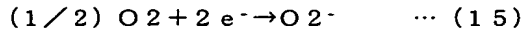
【0245】ブロー18によって外部の空気が取り込まれ、取り込まれた空気は熱交換器19によって熱交換し、固体電解質燃料電池20内部のカソード電極6に供給される。熱交換器19では、ガスタービン2から排出されたガスの余熱によって空気を加熱する。

【0246】アノード電極7に供給された燃料は、固体電解質燃料電池20内部で改質され改質ガスとなる。カソード電極6と、アノード電極7とに、それぞれ供給された酸素と、燃料（改質ガス）とが、以下の化学式（1

5) と、化学式 (16)、(17) の様な電池反応を起こすことで発電する。

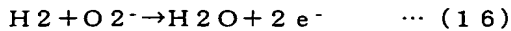
【0247】

【化15】



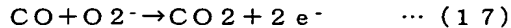
【0248】

【化16】



【0249】

【化17】



電池反応後のアノード電極7から排出されるガスは、燃焼器3に送られる。また、電池反応後のカソード電極6から排出される窒素の含有量が多いガスは、熱交換器13に送られる。熱交換器13では、カソード電極6から排出されたガスから、圧縮器11から排出された圧縮ガスに熱を与える熱交換を行う。熱を奪われたガスは、外部へ排出される。

【0250】以上述べた様な第27実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、凝縮器14の凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0251】また、発電プラントが、固体電解質燃料電池20とガスタービン2とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。また、固体電解質燃料電池20を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素 (NOX、SOXを含む) の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0252】また、アノード電極7から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部15前の燃焼器12により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部15に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0253】また、カソード電極6からアノード電極7に酸素イオンが移動する固体電解質燃料電池20の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0254】また、カソード電極6に供給される空気は、外部からブロー18によって取り込んでいるため、システムが簡略化されるとともに、コスト低減ができる。さらに、空気は無害であるため取り扱いが容易である。

【0255】また、酸素を熱交換機13の直前で、圧縮ガスに混入させることで、圧縮器11による圧縮は凝縮器10から排出されるガスだけでよく、圧縮による仕事量が低減できる。

【0256】次に、本発明の第28実施例の構成、動作に付いて、図28を参照して説明する。第28実施例の特徴は、カソード電極6に供給されるガスを酸素 (純酸素) としたことにより発電効率を向上させたことである。

【0257】図28は、発電システムの第28実施例のブロック図である。燃料タンク5に貯蔵されるメタノールなどの燃料は、固体電解質燃料電池20内部のアノード電極7に供給される。

【0258】燃焼器3には、固体電解質燃料電池20内での電池反応後のアノード電極7から排出されるガスと、圧縮器11から排出される圧縮ガスとが供給される。燃焼器3内で、燃焼し排出された燃焼排ガスは、ガスタービン2に送られ、ガスタービン2内で膨張しながらエネルギーを取り出し発電する。ガスタービン2から排出されたガスは、二酸化炭素と水蒸気とを成分とし、熱交換器19によって、酸素タンク4から供給される酸素 (純酸素) に熱を与えて熱交換を行い酸素を予熱する。

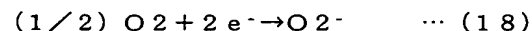
【0259】熱を奪われた燃焼排ガスは、凝縮器14に送られる。凝縮器14では、燃焼排ガス中の水蒸気を凝縮して水とし、二酸化炭素、酸素と分離する。凝縮器14によって分離された水は回収される。水蒸気と分離された二酸化炭素の一部は、二酸化炭素回収部15に回収され、残りの二酸化炭素は酸素と共に、圧縮器11に送られる。圧縮器11によって圧縮されるガスは、圧縮器11に送り込まれる前に、カソード電極6から排出され熱交換器13を通過したガスと混合される。混合されたガスは、圧縮器11で圧縮され、熱交換器13に供給される。圧縮ガスは、熱交換器13で、カソード電極6から排出されたガスから熱を奪って、熱交換を行った後、燃焼器3に供給される。

【0260】酸素タンク4から供給される酸素は、熱交換器19によってガスタービン2から排出されたガスと熱交換し、固体電解質燃料電池20内部のカソード電極6に供給される。熱交換器19では、ガスタービン2から排出されたガスの余熱によって酸素を加熱する。

【0261】アノード電極7に供給された燃料は、固体電解質燃料電池20内部で改質され改質ガスとなる。カソード電極6と、アノード電極7とに、それぞれ供給された空気と、燃料 (改質ガス) とが、以下の化学式 (18) と、化学式 (19)、(20) の様な電池反応を起こすことで発電する。

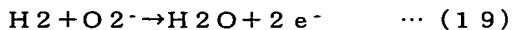
【0262】

【化18】



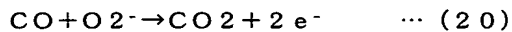
【0263】

【化19】



【0264】

【化20】



電池反応後のアノード電極7から排出されるガスは、燃焼器3に送られる。また、電池反応後のカソード電極6から排出されたガスは、熱交換器13に送られる。熱交換器13では、カソード電極6から排出されたガスから、圧縮器11から排出された圧縮ガスに熱を与える熱交換を行う。熱を奪われたガスは、圧縮器11に供給される。

【0265】以上述べた様な第28実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、凝縮器14の凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0266】また、発電プラントが、固体電解質燃料電池20とガスタービン2とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。また、固体電解質燃料電池20を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0267】また、アノード電極7から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部15前の燃焼器12により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部15に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0268】また、カソード電極6からアノード電極7に酸素イオンが移動する固体電解質燃料電池20の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0269】また、カソード電極6に供給されるガスは、酸素（純酸素）であり、電池反応後のカソード電極6から排出されるガスも酸素（純酸素）となるため、燃焼器3で燃焼される際に、アノード電極6から排出されるガスと完全燃焼することによって、燃焼排ガスの成分を二酸化炭素と水蒸気とにすることができ、回収を容易にし、またリサイクルすることもできる。

【0270】次に、本発明の第29実施例の構成、動作に付いて、図29を参照して説明する。第29実施例の特徴は、固体電解質燃料電池21を加圧型とすることで、発電効率を向上させたことである。

【0271】図29は、発電システムの第29実施例のブロック図である。燃料タンク5に貯蔵される液体状のメタノールなどの燃料は、固体電解質燃料電池21内部のアノード電極7に供給される。

【0272】燃焼器3には、固体電解質燃料電池21内での電池反応後のアノード電極7から排出されるガスと、カソード電極6から排出されるガスとが供給される。固体電解質燃料電池21は、数気圧の加圧型である。

【0273】燃焼器3内で、燃焼し排出された燃焼排ガスは、ガスタービン2に送られ、ガスタービン2内で膨張しながらエネルギーを取り出し発電する。ガスタービン2から排出されたガスは、二酸化炭素と水蒸気とを成分とし、熱交換器19によって、酸素タンク4から供給される酸素（純酸素）に熱を与えて熱交換を行い酸素を予熱する。

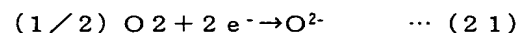
【0274】熱を奪われた燃焼排ガスは、凝縮器14に送られる。凝縮器14では、燃焼排ガス中の水蒸気を凝縮して水とし、二酸化炭素、酸素と分離する。凝縮器14によって分離された水は回収される。水蒸気と分離された二酸化炭素の一部は、二酸化炭素回収部15に回収され、残りの二酸化炭素は排出される。

【0275】酸素タンク4から供給される液体酸素（液体純酸素）は、熱交換器19によってガスタービン2から排出されたガスと熱交換し、固体電解質燃料電池21内部のカソード電極6に供給される。熱交換器19では、ガスタービン2から排出されたガスの余熱によって酸素を加熱する。

【0276】アノード電極7に供給された燃料は、固体電解質燃料電池21内部で気化し、改質され改質ガスとなる。カソード電極6と、アノード電極7とに、それぞれ供給された酸素と、燃料（改質ガス）とが、以下の化学式（21）と、化学式（22）、（23）の様な電池反応を起こすことで発電する。

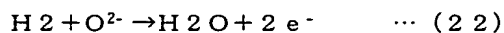
【0277】

【化21】



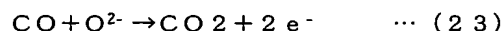
【0278】

【化22】



【0279】

【化23】



電池反応後のアノード電極7から排出されるガスと電池反応後のカソード電極6から排出されたガスとは、燃焼器3に送られる。

【0280】以上述べた様な第29実施例では、二酸化炭素の回収に、特別な分離装置や分離方法を必要することなく、凝縮器14の凝縮によって、水分を取り除き、二酸化炭素だけを回収することができる。そのため、二

酸化炭素の大気中への放出を防止でき、地球の温暖化を抑制することができる。

【0281】また、発電プラントが、固体電解質燃料電池 21 とガスタービン 2 とからなる複合発電システムであるため、発電を効率的かつ経済的に行うことができる。また、固体電解質燃料電池 21 を用いて、化学反応によって電気エネルギーを取り出すため、火力発電プラントから排出されるガスに含まれる二酸化炭素（NOX、SOXを含む）の量と比較して非常に少なく、環境に悪影響を及ぼすことが少ない。

【0282】また、アノード電極 7 から排出される二酸化炭素を濃縮して、二酸化炭素回収部 15 前の燃焼器 3 により完全燃焼させ、窒素等の他の成分を含まない湿り二酸化炭素として二酸化炭素回収部 15 に導入するため、二酸化炭素と水との分離に特別な装置あるいは方法を使うことなく、コストの低減ができ、よって発電システム全体の効率も低下させることなく、二酸化炭素を効率的でかつ容易に回収することができる。

【0283】また、カソード電極 6 からアノード電極 7 に酸素イオンが移動する固体電解質燃料電池 21 の特徴を利用して、二酸化炭素を濃縮しながら、電気エネルギーを取り出すことができるため、物質的にもエネルギー的にも非常に効率の良いシステムとすることができる。

【0284】また、カソード電極 6 に供給されるガスは、酸素（純酸素）であり、電池反応後のカソード電極 6 から排出されるガスも酸素（純酸素）となるため、燃焼器 3 で燃焼される際に、アノード電極 6 から排出されるガスと完全燃焼することによって、燃焼排ガスの成分を二酸化炭素と水蒸気とにすることができ、回収を容易にし、またリサイクルすることもできる。

【0285】また、液体燃料および液体酸素を用いることで、加圧型の固体電解質燃料電池 21 に適した供給圧力とすることができ、発電効率を向上させることができる。また、アノード電極 7 とカソード電極 6 から排出されるガスも加圧されたままであり、圧縮器を必要とせず、直接燃焼器 3 に供給することができ、ガスの燃焼・膨張を行うことができる。

【0286】また、アノード電極 7 とカソード電極 6 とに供給される燃料と酸化剤とを液体としたことで取り扱いも容易になる。なお、本発明は上記実施例に限定されず、その主旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できることはいうまでもない。例えば、純酸素の供給先（燃焼器、圧縮機、熱交換器等）や、酸化剤極に供給されるガスの種類（空気、純酸素）や、固体電解質型燃料電池の種類（常圧型、加圧型）等の構成要素は、適宜組み合わせ可能である。

【0287】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、特別な分離装置を設けることなく、二酸化炭素を効率的に回収することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の発電システムの第 1 実施例のブロック図

【図 2】 本発明の発電システムの第 2 実施例のブロック図

【図 3】 本発明の発電システムの第 3 実施例のブロック図

【図 4】 本発明の発電システムの第 4 実施例のブロック図

10 【図 5】 本発明の発電システムの第 5 実施例のブロック図

【図 6】 本発明の発電システムの第 6 実施例のブロック図

【図 7】 本発明の発電システムの第 7 実施例のブロック図

【図 8】 本発明の発電システムの第 8 実施例のブロック図

【図 9】 本発明の発電システムの第 9 実施例のブロック図

20 【図 10】 本発明の発電システムの第 10 実施例のブロック図

【図 11】 本発明の発電システムの第 11 実施例のブロック図

【図 12】 本発明の発電システムの第 12 実施例のブロック図

【図 13】 本発明の発電システムの第 13 実施例のブロック図

【図 14】 本発明の発電システムの第 14 実施例のブロック図

30 【図 15】 本発明の発電システムの第 15 実施例のブロック図

【図 16】 本発明の発電システムの第 16 実施例のブロック図

【図 17】 本発明の発電システムの第 1 実施例のブロック図

【図 18】 本発明の発電システムの第 2 実施例のブロック図

【図 19】 本発明の発電システムの第 3 実施例のブロック図

40 【図 20】 本発明の発電システムの第 4 実施例のブロック図

【図 21】 本発明の発電システムの第 5 実施例のブロック図

【図 22】 本発明の発電システムの第 6 実施例のブロック図

【図 23】 本発明の発電システムの第 7 実施例のブロック図

【図 24】 本発明の発電システムの第 8 実施例のブロック図

50 【図 25】 本発明の発電システムの第 9 実施例のブロック図

ック図

【図 2 6】 本発明の発電システムの第 1 0 実施例のブ

ロック図

【図 2 7】 本発明の発電システムの第 1 1 実施例のブ

ロック図

【図 2 8】 本発明の発電システムの第 1 2 実施例のブ

ロック図

【図 2 9】 本発明の発電システムの第 1 3 実施例のブ

ロック図

【符号の説明】

1 溶融炭酸塩型燃料電池

2 ガスタービン

3 燃焼器

4 酸素タンク

5 燃料タンク

6 アノード電極

7 カソード電極

8 蒸気発生器

9 蒸気タービン

1 0 熱交換器

1 1 圧縮器

1 2 燃焼器

1 3 熱交換器

1 4 凝縮器

1 5 二酸化炭素回収部

1 6 圧縮器

1 7 外部改質器

1 8 プロア

1 9 熱交換器

2 0 固体電解質燃料電池

10 2 1 固体電解質燃料電池

5 1 燃料電池

5 2 燃焼器

5 3 二酸化炭素分離器

5 4 圧縮機

5 5 ガスタービン

5 6 排熱回収部

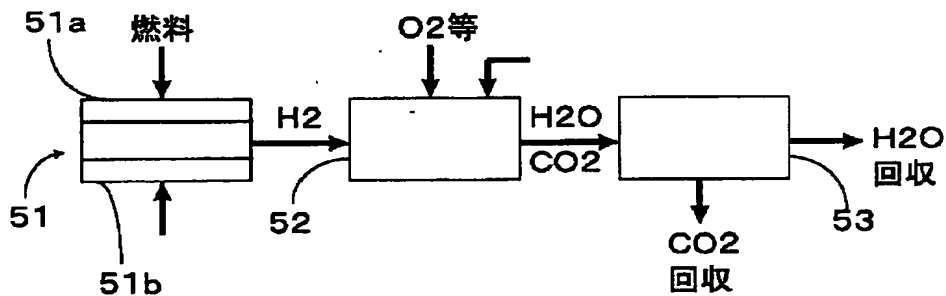
5 7 排熱回収ボイラ

5 8 排熱改質器

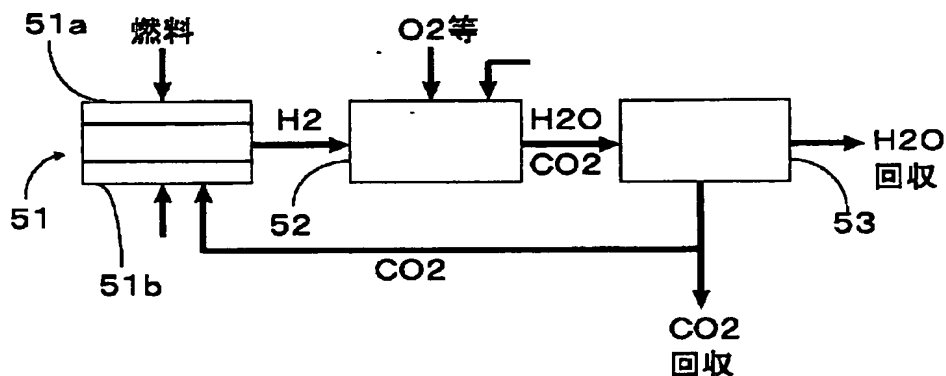
5 9 蒸気タービン

20 6 0 復水器

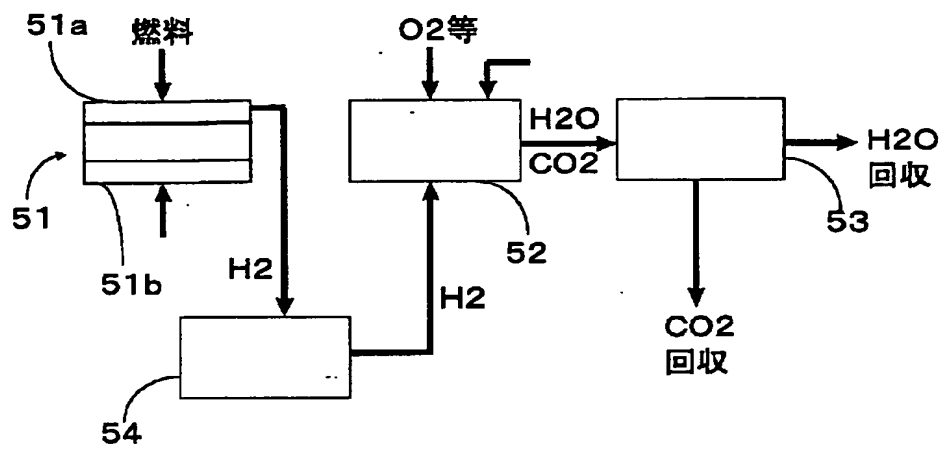
【図 1】



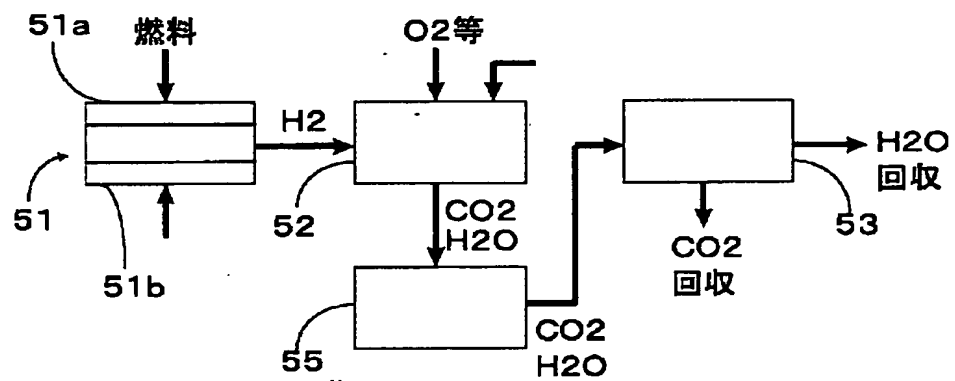
【図 2】



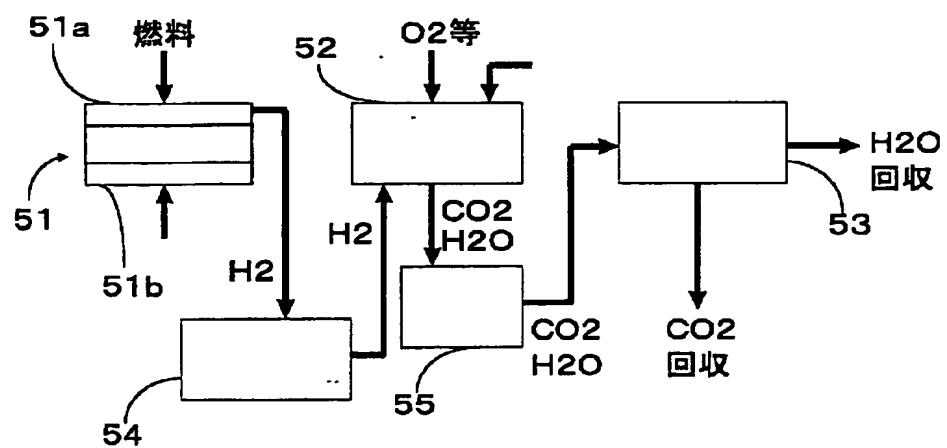
【図3】



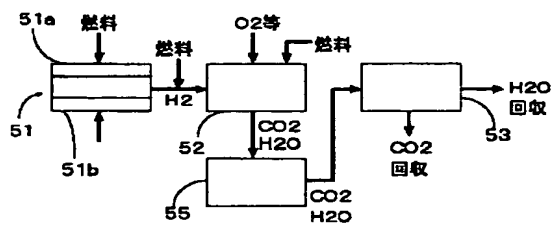
【図4】



【図5】

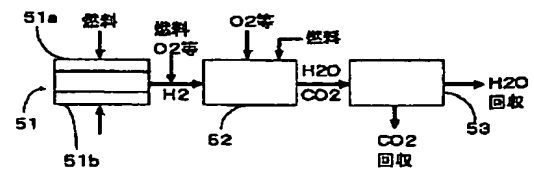


【図 6】

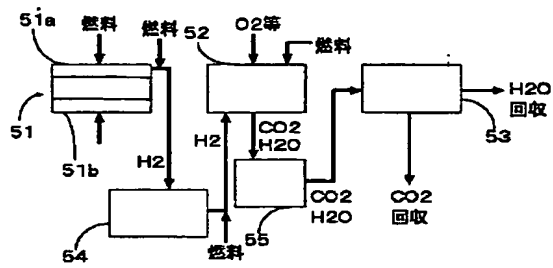


(a)

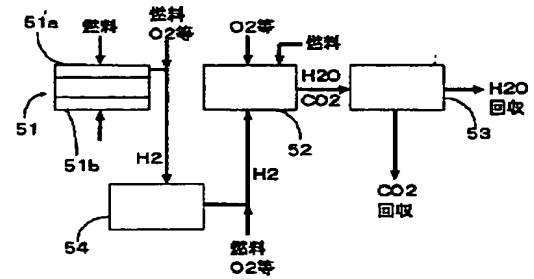
【図 7】



(a)

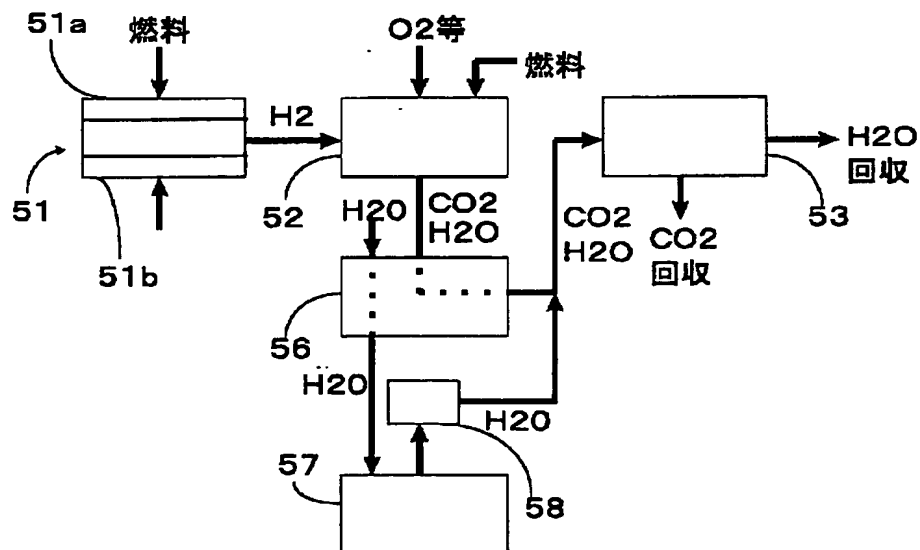


(b)

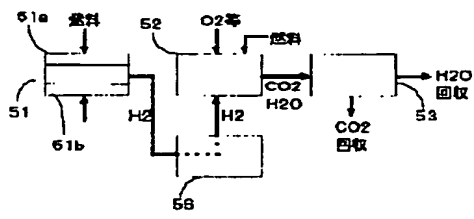


(b)

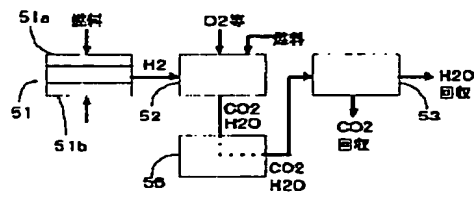
【図 10】



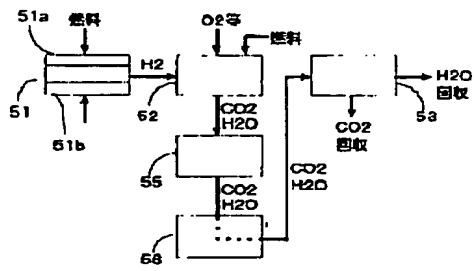
【図 8】



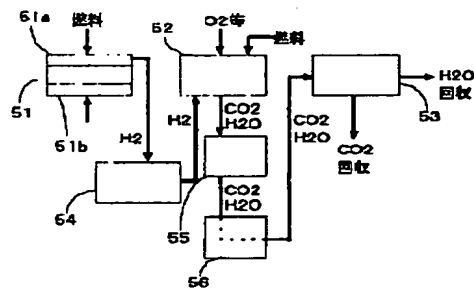
(a)



(b)

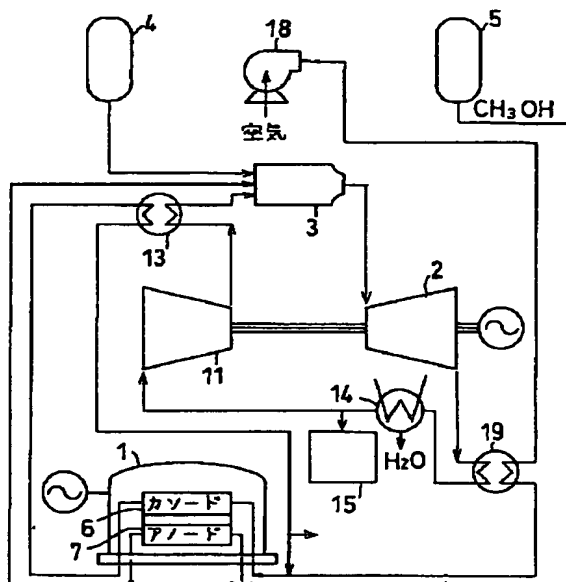


(c)

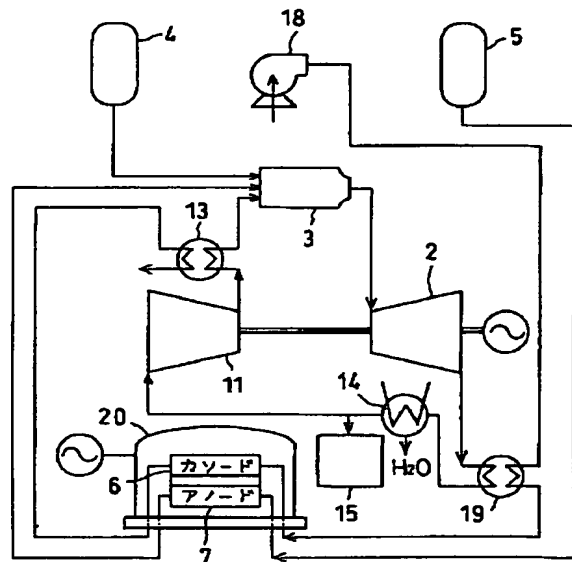


(d)

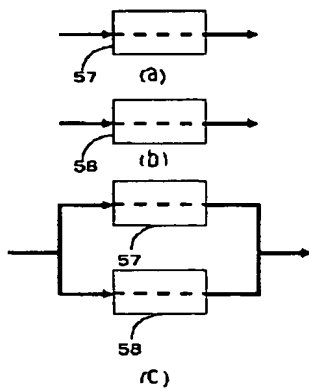
【図 23】



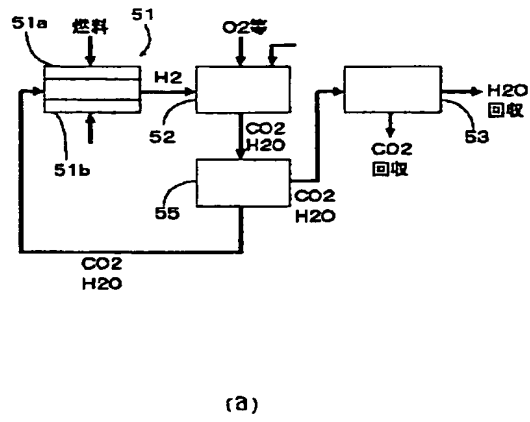
【図 24】



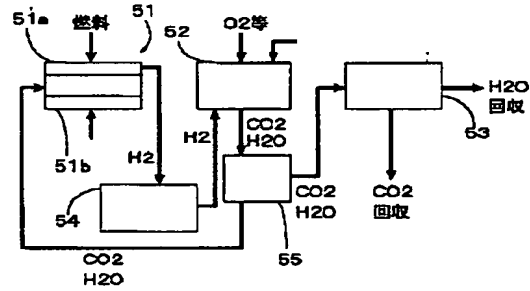
【図 9】



【図 13】

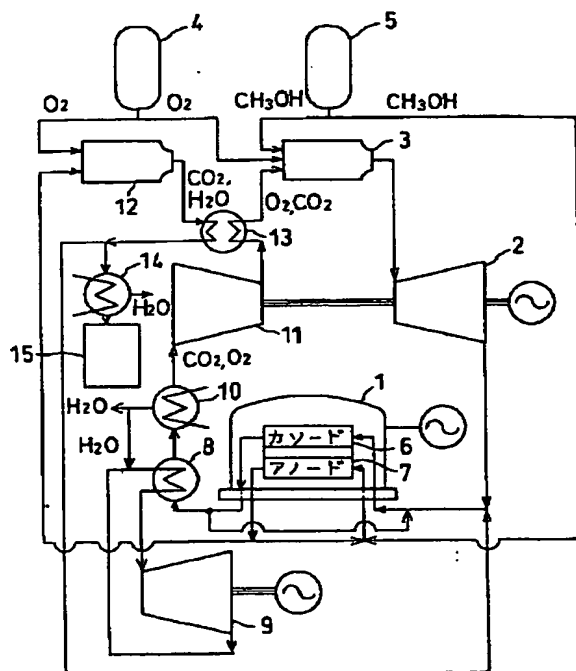


(a)

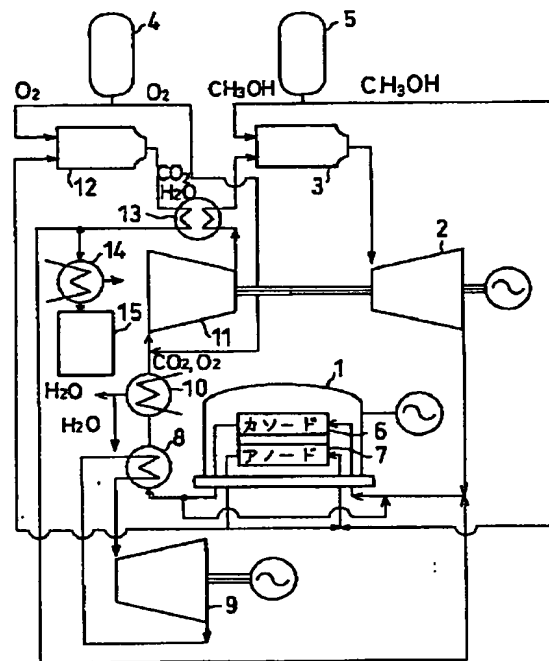


(b)

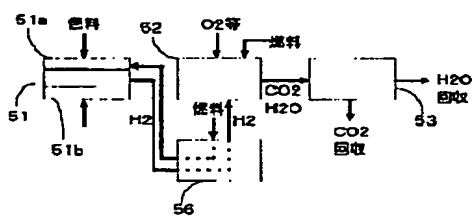
【図 14】



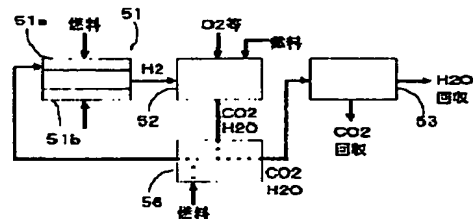
【図 15】



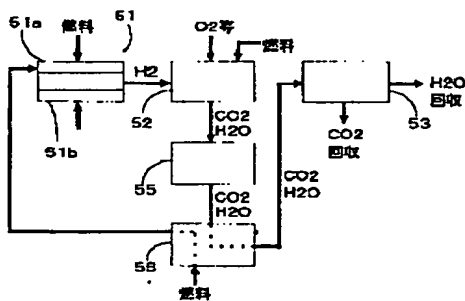
【図 11】



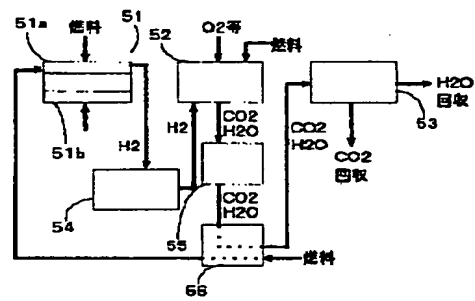
(a)



(b)

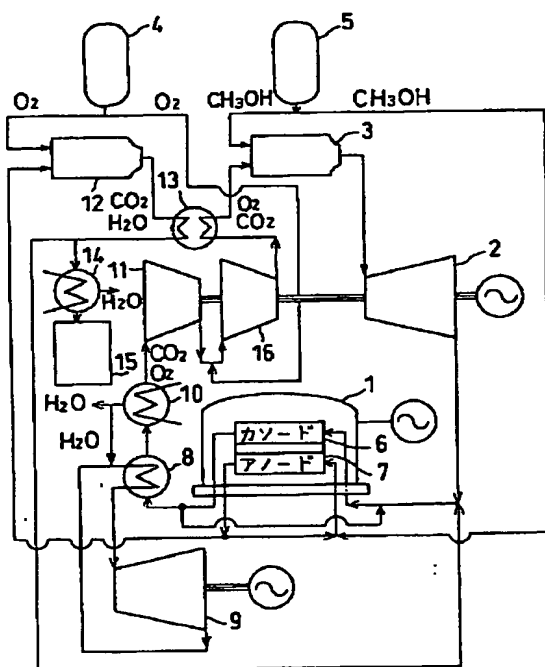


(c)

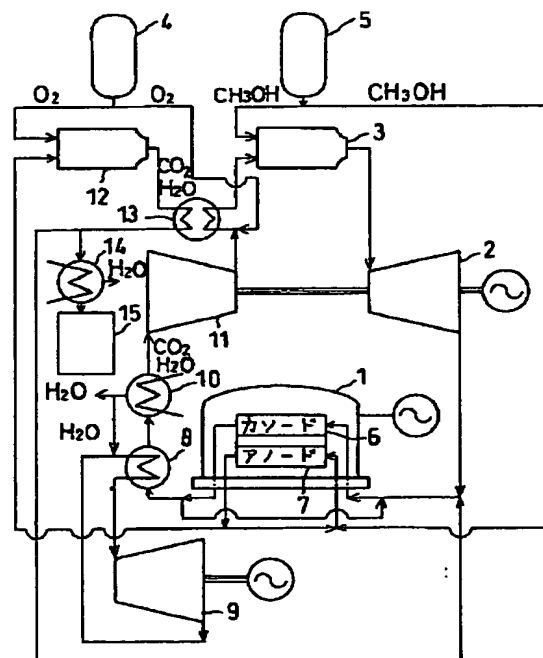


(d)

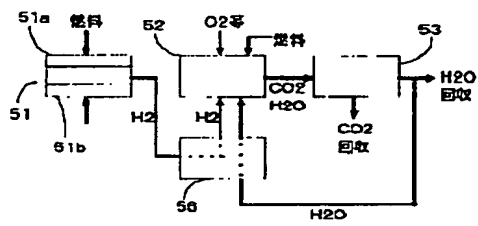
【図 16】



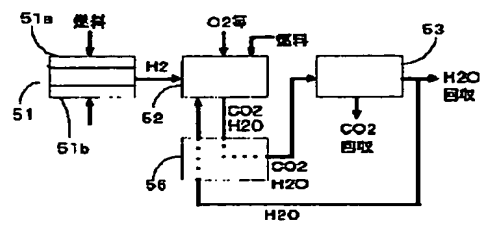
【図 17】



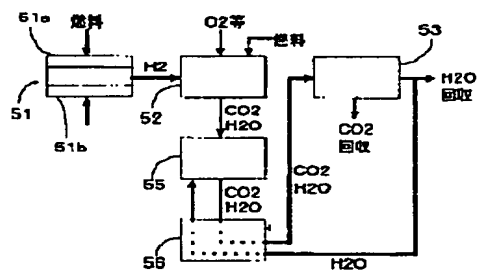
【図12】



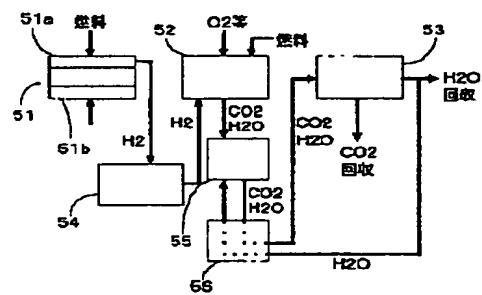
(a)



(b)

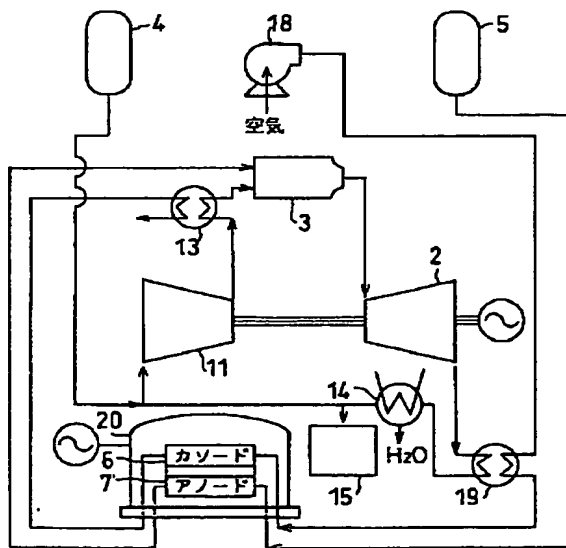


(c)

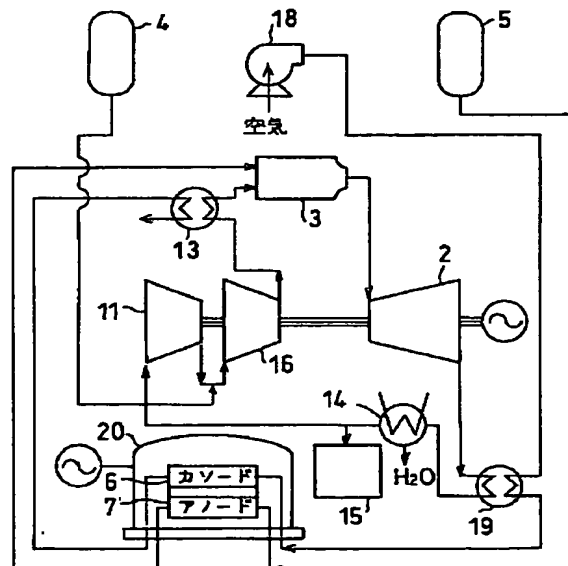


(d)

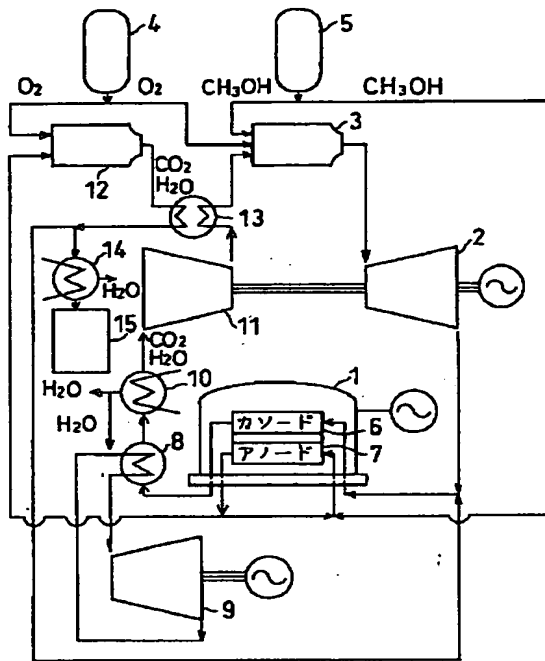
【図25】



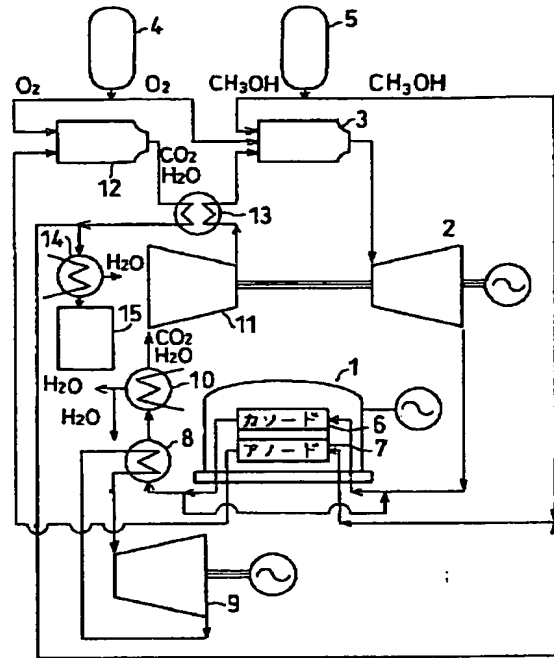
【図26】



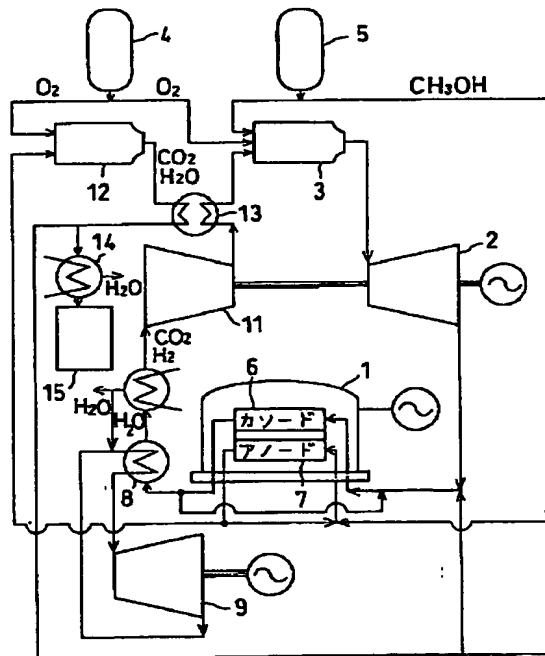
【図 18】



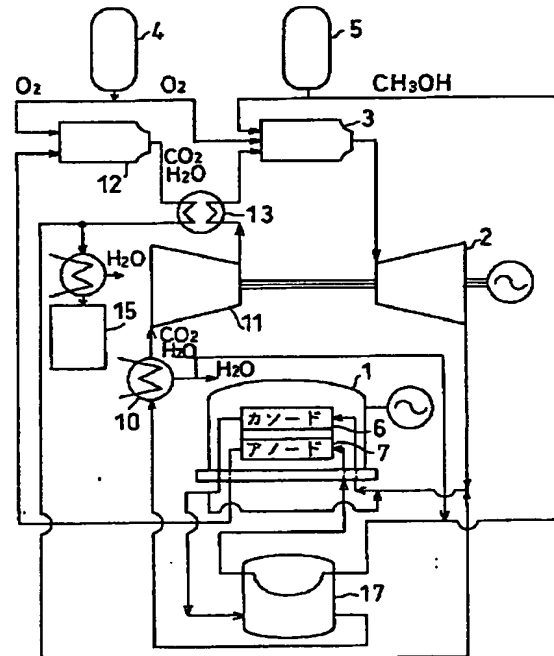
【図 19】



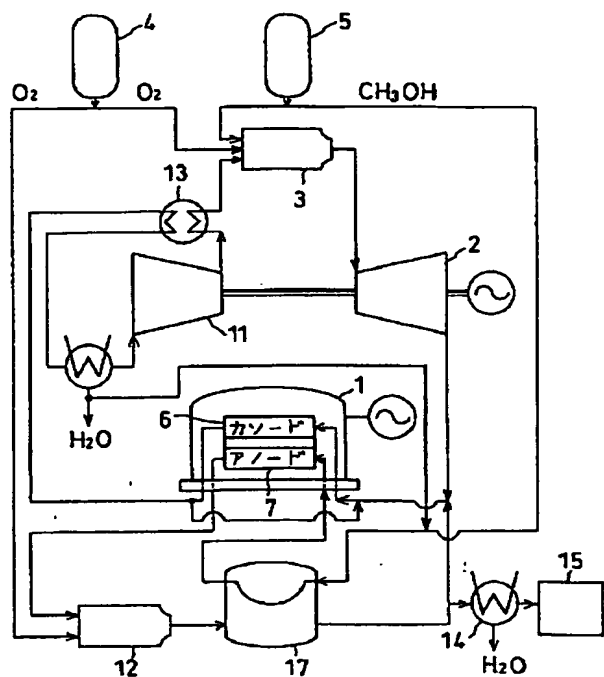
【図 20】



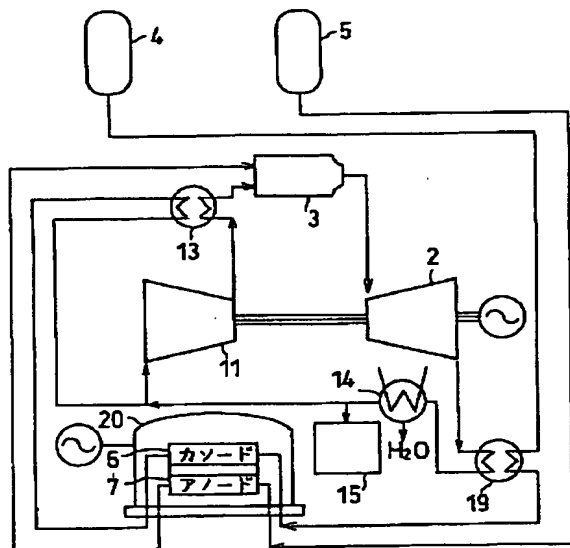
【図 21】



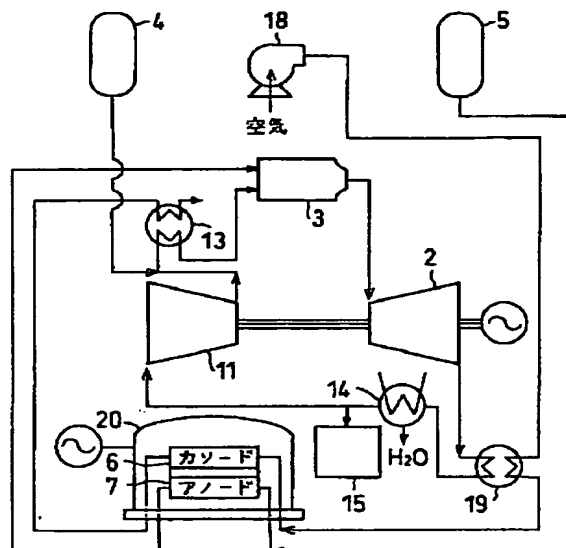
【図 22】



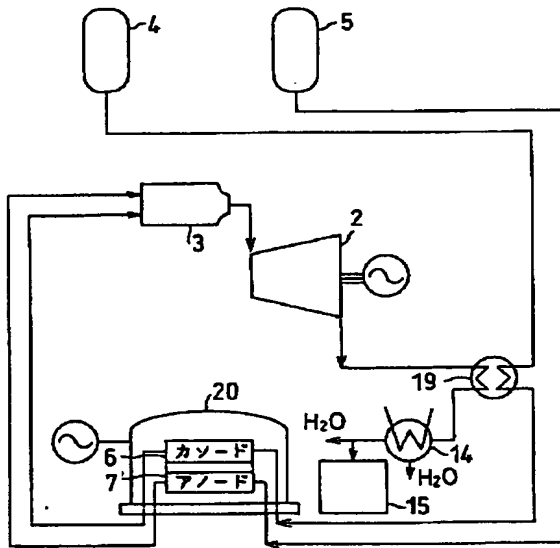
【図 28】



【図 27】



【図 29】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 雅國
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
東芝本社事務所内

(72)発明者 福田 雅文
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
東芝本社事務所内